



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

MÁSTER EN EDIFICACIÓN TRABAJO FINAL DE MÀSTER

APLICACIÓN DEL SOFTWARE BEES V.4.0 COMO HERRAMIENTA DE ACV EN LA CONSTRUCCIÓN

Estudiante: A.T.Patricia Abelleira Sánchez

Director: Dr. Jose Manuel Gómez Soberón

Convocatòria: Febrero 2011



La obra se distribuye bajo los términos y condiciones de la presente licencia pública de **Creative Commons** (“ccpl” o “licencia”). La obra está protegida por la ley del derecho de autor y/o por cualquier otra ley que resulte aplicable. Cualquier uso distinto del autorizado por la presente licencia o por la ley del derecho de autor está prohibido.

Se entiende que por el mero ejercicio de cualquiera de los derechos aquí previstos sobre la obra, usted acepta y se obliga bajo los términos y condiciones de la presente licencia. El licenciante le otorga los derechos aquí descritos considerando la aceptación por su parte de dichos términos y condiciones.

RESUMEN

Los agentes intervinientes en el proceso constructivo, han de estar concienciados en que los materiales a utilizar en las obras de construcción, tienen ser los que siendo rentables económicamente tengan los menores impactos ambientales sobre el medio ambiente y la salud humana.

Para ayudar a estos profesionales en la toma de decisiones sobre la elección de materiales, está el programa informático BEES, que es una herramienta realizada en los Estados Unidos y, que se basa en normas de consenso y que está diseñada para ser práctica, transparente y flexible.

El programa se fundamenta en el análisis del ciclo de vida (ACV) de materiales de construcción, mediante un procedimiento en el que se miden y evalúan los impactos que un producto o material causa al medio ambiente y a la salud humana, desde su producción hasta su disposición final. A través del programa se pueden comparar dos o más productos alternativos que cumplan la misma función, y proponer materiales que contribuyan al desarrollo de materiales más respetuosos con el medio ambiente.

En este trabajo se realiza una breve introducción al ACV de los materiales de construcción con las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, además de una introducción a los diversos programas informáticos que se utilizan para el ACV.

El trabajo está estructurado en las siguientes partes:

En el punto 2. Base del trabajo, se explica la metodología del ACV, los impactos ambientales y se listan distintos tipos de softwares de ACV tanto generales como específicos de la construcción.

En el punto 3. Software BEES V.4.0, se hace referencia a la base de datos del programa, la metodología adoptada por el programa, los valores tomados tanto para los impactos como para el cálculo de los desempeños, los resultados y las limitaciones y ventajas del software.

En el punto 4. Casos prácticos, se estudian 3 tipos de edificaciones situadas en Cataluña y comprendidos sus proyectos entre los años 2004 y el 2009, en los que se comparan los materiales de proyecto y los materiales medioambientalmente preferibles, determinando los materiales más sostenibles.

En el punto 5. Comparativos, donde los edificios se equiparan entre sí por pares y por último entre todos, determinando el tipo de edificación y las partidas que son mejores para la salud y el ambiente.

En el punto 6. Conclusiones y recomendaciones.

En el punto 7. Valoración personal del trabajo.

En el punto 8. Bibliografía.

ÍNDICE

Resumen	1
Glosario	17
Abreviaturas	23
1.Introducción	25
2.Base del Trabajo	27
2.1. Análisis de ciclo de vida (ACV) e impactos ambientales.....	27
2.1.1.Análisis de ciclo de vida	27
2.1.2.Impactos Ambientales	30
2.1.2.1.Calentamiento global	30
2.1.2.2.Acidificación	31
2.1.2.3.Eutrofización	32
2.1.2.4.Agotamiento de los combustibles fósiles	33
2.1.2.5.Calidad del aire interior	33
2.1.2.6.Alteración del hábitat	34
2.1.2.7.Consumo de agua	34
2.1.2.8.Polución atmosférica	35
2.1.2.9.Salud humana	35
2.1.2.10.Formación de smog	35
2.1.2.11.Agotamiento del ozono	36
2.1.2.12.Toxicidad ecológica	37
2.2. Metodología del ACV.....	37
2.2.1. Definición del objetivo y alcance	38
2.2.1.1. Objetivo del estudio	38
2.2.1.2. Alcance del estudio.....	38
2.2.2. Análisis de inventario del ciclo de vida (ICV)	40
2.2.2.1. Recopilación de datos.....	40
2.2.2.2. Cálculo de los datos	41
2.2.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)	41
2.2.4. Interpretación.....	43
2.2.4.1. Revisión crítica	44
2.3. Softwares utilizados para el ACV	44
3.Software BEES V.04	47
3.1. Introducción	47
3.2. Histórico	47
3.3. Modelo BEES	48
3.4. Objetivos del software	49
3.5. Base de datos	52
3.6. Productos de bases biológicas.....	54
3.7. Análisis del impacto.....	55
3.7.1. Metodologías	55
3.7.1.1. Uso directo de los inventarios	55
3.7.1.2. Volúmenes críticos	55
3.7.1.3. La escasez ecológica.....	55

3.7.1.4. Prioridades ambientales del sistema	55
3.7.1.5. Eco-Indicador 99	55
3.7.1.6. Problemas ambientales	56
3.7.2. Caracterización de los impactos	56
3.7.2.1. Calentamiento global	57
3.7.2.2. Acidificación	57
3.7.2.3. Eutrofización	58
3.7.2.4. Agotamiento de los combustibles fósiles	59
3.7.2.5. Calidad del aire interior	60
3.7.2.6. Alteración del hábitat	61
3.7.2.7. Consumo de agua	61
3.7.2.8. Polución atmosférica	62
3.7.2.9. Salud humana	62
3.7.2.10. Formación de smog	64
3.7.2.11. Agotamiento del ozono	65
3.7.2.12. Toxicidad ecológica	66
3.7.3. Normalización de los impactos	69
3.7.4. Evaluación de los impactos ambientales	71
3.8. Análisis económico	71
3.9. Resultados	73
3.9.1. Presentación	73
3.9.2. Análisis de las decisiones multiatribuidas	76
3.9.3. Desempeño económico	78
3.9.4. Desempeño ambiental	79
3.10. Ventajas del programa	80
3.11. Limitaciones	80
3.12. Comparativa con otros softwares de ACV en la construcción	81
4. Casos prácticos	83
4.1. Generalidades	83
4.2. Datos fijos	83
4.3. Materiales que no se encuentran en la base de datos	85
4.4. Vivienda unifamiliar: Reforma y ampliación de vivienda entre medianeras sito en C/ Irlanda, nº 99	85
4.4.1. Situación	85
4.4.2. Descripción	86
4.4.3. Comparativas de los impactos ambientales del material del proyecto y sus alternativas	86
4.4.3.1. Cimentación	86
4.4.3.1.1. Muros pantalla y muros encofrados a 1 o 2 caras	86
4.4.3.1.2. Zapatas y riostras	86
4.4.3.1.3. Solera	88
4.4.3.2. Estructura	88
4.4.3.2.1. Forjados	88
4.4.3.2.2. Pilares	90
4.4.3.3. Cerramientos	92

4.4.3.4.	Particiones interiores	94
4.4.3.5.	Cubierta	96
4.4.3.5.1.	Revestimientos tipo sandwich.....	96
4.4.3.5.2.	Revestimiento para cubierta inclinada.....	96
4.4.3.6.	Aislamientos.....	98
4.4.3.7.	Revestimientos exteriores.....	98
4.4.3.7.1.	Revestimiento de enfoscado de cemento.....	98
4.4.3.8.	Revestimientos interiores verticales.....	100
4.4.3.8.1.	Enlucido de yeso.....	100
4.4.3.8.2.	Pintura.....	100
4.4.3.8.3.	Alicatados.....	102
4.4.3.9.	Solados.....	104
4.4.3.9.1.	Pavimento de parquet	104
4.4.3.9.2.	Pavimento cerámico.....	104
4.4.3.9.3.	Pavimento de mármol	106
4.5.	Edificio plurifamiliar: 34 viviendas y aparcamientos entre medianeras.....	108
4.5.1.	Situación	108
4.5.2.	Descripción.....	108
4.5.3.	Comparativas de los impactos ambientales del material del proyecto y sus alternativas	108
4.5.3.1.	Cimentación	109
4.5.3.1.1.	Muros pantalla y muros encofrados a 1 o 2 caras.....	109
4.5.3.1.2.	Zapatasy riostras	111
4.5.3.1.3.	Solera.....	112
4.5.3.2.	Estructura.....	113
4.5.3.2.1.	Forjados y losas inclinadas para la cubierta	113
4.5.3.2.2.	Pilares	115
4.5.3.3.	Cerramientos.....	117
4.5.3.4.	Particiones interiores	118
4.5.3.5.	Cubierta	120
4.5.3.5.1.	Revestimientos para cubierta plana	120
4.5.3.5.2.	Revestimiento para cubierta inclinada.....	120
4.5.3.6.	Aislamientos.....	122
4.5.3.7.	Revestimientos exteriores.....	124
4.5.3.7.1.	Revestimiento monocapa	124
4.5.3.7.2.	Revestimiento de enfoscado de cemento.....	124
4.5.3.8.	Revestimientos interiores verticales.....	126
4.5.3.8.1.	Enlucido de yeso.....	126
4.5.3.8.2.	Pintura.....	126
4.5.3.8.3.	Alicatados.....	128
4.5.3.9.	Solados.....	130
4.5.3.9.1.	Pavimento de parquet	130
4.5.3.9.2.	Pavimento cerámico.....	130
4.5.3.9.3.	Pavimento de mármol	132
4.6.	Edificio público: Club natació Sabadell	134

4.6.1.	Situación	134
4.6.2.	Descripción	134
4.6.3.	Comparativas de los impactos ambientales del material del proyecto y sus alternativas	134
4.6.3.1.	Cimentación.....	135
4.6.3.1.1.	Muros pantalla y muros encofrados a 1 o 2 caras	135
4.6.3.1.2.	Zapatas y riostras	137
4.6.3.1.3.	Solera	139
4.6.3.2.	Estructura	139
4.6.3.2.1.	Losas	139
4.6.3.2.2.	Pilares.....	141
4.6.3.3.	Cerramientos	143
4.6.3.4.	Particiones interiores	144
4.6.3.5.	Cubiertas	146
4.6.3.5.1.	Revestimientos para cubiertas planas	146
4.6.3.6.	Aislamientos.....	146
4.6.3.7.	Revestimientos exteriores.....	148
4.6.3.7.1.	Revestimiento de aluminio	148
4.6.3.8.	Revestimientos interiores verticales	150
4.6.3.8.1.	Revestimiento de enfoscado de cemento	150
4.6.3.8.2.	Pintura	152
4.6.3.8.3.	Alicatados	154
4.6.3.8.4.	Revestimiento de madera	156
4.6.3.9.	Solados.....	158
4.6.3.9.1.	Pavimento de parqué.....	158
4.6.3.9.2.	Terrazo	158
4.6.3.9.3.	Pavimento cerámico	159
5.Comparativos	163
5.1	Comparativa de vivienda unifamiliar con edificio plurifamiliar.....	163
5.1.1.	Cimentación	163
5.1.2.	Estructura.....	164
5.1.3.	Cerramientos.....	164
5.1.4.	Particiones interiores	165
5.1.5.	Cubiertas.....	166
5.1.6.	Aislamientos.....	167
5.1.7.	Revestimientos exteriores	168
5.1.8.	Revestimientos interiores verticales.....	169
5.1.9.	Solados.....	170
5.2.	Comparativa de vivienda unifamiliar con edificio público	171
5.2.1.	Cimentación	171
5.2.2.	Estructura.....	172
5.2.3.	Cerramientos.....	173
5.2.4.	Particiones interiores	174
5.2.5.	Cubiertas.....	175
5.2.6.	Aislamientos.....	176

5.2.7.	Revestimientos exteriores	176
5.2.8.	Revestimientos interiores verticales	177
5.2.9.	Solados	178
5.3.	Comparativa de edificio plurifamiliar con edificio público	180
5.3.1.	Cimentación.....	180
5.3.2.	Estructura.....	181
5.3.3.	Cerramientos.....	182
5.3.4.	Particiones interiores.....	182
5.3.5.	Cubiertas	183
5.3.6.	Aislamientos	184
5.3.7.	Revestimientos exteriores	185
5.3.8.	Revestimientos interiores verticales	186
5.3.9.	Solados	187
5.4.	Comparativa general de vivienda unifamiliar, edificio plurifamiliar y edificio público	188
5.4.1.	Cimentación.....	188
5.4.2.	Estructura.....	189
5.4.3.	Cerramientos.....	190
5.4.4.	Particiones interiores.....	191
5.4.5.	Cubiertas	191
5.4.6.	Aislamientos	192
5.4.7.	Revestimientos exteriores	193
5.4.8.	Revestimientos interiores verticales	194
5.4.9.	Solados	195
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	197
7.	Valoración personal	201
8.	Bibliografía	203

Listado de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1 – Ejemplo de un sistema del producto para el ACV.....	28
Figura 2.2 – Modelo idealizado del efecto invernadero natural.....	31
Figura 2.3 – Procesos químicos de la acidificación con efecto a través de la lluvia ácida.....	32
Figura 2.4 – Esquema del proceso de eutrofización según Bernard J. Nebel y Richard T. Wright	33
Figura 2.5 – Formación de smog fotoquímico.....	36
Figura 2.6 – Los estados de la capa de ozono	37
Figura 2.7 – Etapas del ACV	38
Figura 2.8 – Procedimientos simplificados para el análisis del inventario	41
Figura 2.9 – Elementos de la fase EICV	42
Figura 2.10 – Relaciones entre los elementos de la fase interpretación con otras fases del ACV.....	43

Capítulo 3

Figura 3.1 – Gráfico del desempeño económico de alternativas para acabados de cubiertas	74
Figura 3.2 – Gráfico del desempeño ambiental de alternativas para acabados de cubiertas	74
Figura 3.3 – Gráfico del desempeño global de alternativas para acabados de cubiertas.....	75
Figura 3.4 – Puntuación global de BEES	77

Figura 3.5 – Periodos de estudio del desempeño ambientales y económico para productos de construcción.....	79
--	----

Listado de tablas

Capítulo 2

Tabla 2.1 – Listado de programas informáticos de ACV de productos o procesos genéricos	44
Tabla 2.2 – Listado de programas informáticos de ACV de productos o procesos de la construcción	46

Capítulo 3

Tabla 3.1 – Ejemplo de cómo funcionan los criterios de decisión para el establecimiento de límites en los productos del sistema.....	50
Tabla 3.2 – Factores de caracterización del calentamiento global.....	57
Tabla 3.3 – Factores de caracterización de la acidificación	58
Tabla 3.4 – Factores de caracterización de la eutrofización.....	59
Tabla 3.5 – Factores de caracterización en el agotamiento de combustibles fósiles	60
Tabla 3.6 – Factores de caracterización de la alteración del hábitat	61
Tabla 3.7 – Factores de caracterización de la contaminación atmosférica.....	62
Tabla 3.8 – Factores de caracterización de toma de muestras de la salud humana.....	64
Tabla 3.9 – Factores de caracterización de muestreo de smog	65
Tabla 3.10 – Factores de caracterización del agotamiento del ozono	66
Tabla 3.11 – Factores de caracterización de la toxicidad ecológica	67
Tabla 3.12 – Porcentajes de los impactos dependiendo de la categoría escogida.....	69
Tabla 3.13 – Valores de normalización BEES.....	70
Tabla 3.14 – Comparación de varios programas informáticos que se dedican al ACV en el sector de la construcción.....	82

Capítulo 4

Tabla 4.1 – Ponderaciones utilizadas para la realización del trabajo.....	85
Tabla 4.2 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	86
Tabla 4.3 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	87
Tabla 4.4 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	87
Tabla 4.5 –Comparativa del desempeño económico (€/m^3) del hormigón de las vigas de los forjados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	89
Tabla 4.6 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^3) del hormigón de las vigas de los forjados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	89
Tabla 4.7 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de de las vigas de los forjados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	90
Tabla 4.8 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	91
Tabla 4.9 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	91

Tabla 4.10 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	92
Tabla 4.11 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	92
Tabla 4.12 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	93
Tabla 4.13 – Comparativa de los impactos ambientales del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	93
Tabla 4.14 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de las particiones interiores de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	94
Tabla 4.15 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de las particiones interiores de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	94
Tabla 4.16 – Comparativa de los impactos ambientales de las particiones interiores de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	95
Tabla 4.17 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento de teja de arcilla de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	96
Tabla 4.18 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento de teja de arcilla de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	96
Tabla 4.19 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de teja de arcilla de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	97
Tabla 4.20 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	98
Tabla 4.21 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	99
Tabla 4.22 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	99
Tabla 4.23 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	101
Tabla 4.24 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	101
Tabla 4.25 – Comparativa de los impactos ambientales de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	101
Tabla 4.26 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	102
Tabla 4.27 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	102
Tabla 4.28 – Comparativa de los impactos ambientales de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	103
Tabla 4.29 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	104
Tabla 4.30 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	104
Tabla 4.31 – Comparativa de los impactos ambientales del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar	105

Tabla 4.32 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	106
Tabla 4.33 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	106
Tabla 4.34 – Comparativa de los impactos ambientales del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar.....	107
Tabla 4.35 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	109
Tabla 4.36 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	109
Tabla 4.37 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	110
Tabla 4.38 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	111
Tabla 4.39 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de las zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	111
Tabla 4.40 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de las zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	112
Tabla 4.41 – Comparativa del desempeño económico (€/m^3) del hormigón de forjados y losas inclinadas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	113
Tabla 4.42 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^3) del hormigón de forjados y losas inclinadas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	113
Tabla 4.43 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de forjados y losas inclinadas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	114
Tabla 4.44 – Comparativa del desempeño económico (€/m^3) del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	115
Tabla 4.45 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^3) del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	115
Tabla 4.46 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	116
Tabla 4.47 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	117
Tabla 4.48 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	117
Tabla 4.49 – Comparativa de los impactos ambientales del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	118
Tabla 4.50 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de las particiones interiores de cartón-yeso de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	118
Tabla 4.51 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de las particiones interiores de cartón-yeso de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	119
Tabla 4.52 – Comparativa de los impactos ambientales de las particiones interiores de cartón-yeso de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	119
Tabla 4.53 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento de la cubierta inclinada de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar.....	120

Tabla 4.54 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de la cubierta inclinada de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	121
Tabla 4.55 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de la cubierta inclinada de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	121
Tabla 4.56 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	122
Tabla 4.57 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	123
Tabla 4.58 – Comparativa de los impactos ambientales del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	123
Tabla 4.59 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	124
Tabla 4.60 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	125
Tabla 4.61 – Comparativa de los impactos ambientales del aislamiento del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	125
Tabla 4.62 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	127
Tabla 4.63 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	127
Tabla 4.64 – Comparativa de los impactos ambientales de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	127
Tabla 4.65 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	128
Tabla 4.66 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	129
Tabla 4.67 – Comparativa de los impactos ambientales de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	129
Tabla 4.68 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	130
Tabla 4.69 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	130
Tabla 4.70 – Comparativa de los impactos ambientales del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	131
Tabla 4.71 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	132
Tabla 4.72 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	132
Tabla 4.73 – Comparativa de los impactos ambientales del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar	133
Tabla 4.74 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	135
Tabla 4.75 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	135

Tabla 4.76 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	136
Tabla 4.77 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	137
Tabla 4.78 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	137
Tabla 4.79 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	138
Tabla 4.80 – Comparativa del desempeño económico (€/m^3) del hormigón de losas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	139
Tabla 4.81 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^3) del hormigón de losas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	139
Tabla 4.82 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de losas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	140
Tabla 4.83 – Comparativa del desempeño económico (€/m^3) del hormigón de pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	141
Tabla 4.84 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^3) del hormigón de pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	141
Tabla 4.85 – Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	142
Tabla 4.86 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	143
Tabla 4.87 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	143
Tabla 4.88 – Comparativa de los impactos ambientales del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	144
Tabla 4.89 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de las particiones interiores de placas de resina sintética de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	145
Tabla 4.90 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de las particiones interiores de placas de resina sintética de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	145
Tabla 4.91 – Comparativa de los impactos ambientales de las particiones interiores de placas de resina sintética de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	145
Tabla 4.92 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	147
Tabla 4.93 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	147
Tabla 4.94 – Comparativa de los impactos ambientales del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	147
Tabla 4.95 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento de aluminio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	148
Tabla 4.96 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento de aluminio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	149
Tabla 4.97 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de aluminio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	149

Tabla 4.98 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	150
Tabla 4.99 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	151
Tabla 4.100 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	151
Tabla 4.101 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	152
Tabla 4.102– Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	153
Tabla 4.103 – Comparativa de los impactos ambientales de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	153
Tabla 4.104 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del alicatado de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	154
Tabla 4.105 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del alicatado de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público	154
Tabla 4.106 – Comparativa de los impactos ambientales del alicatado de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	155
Tabla 4.107 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del revestimiento interior de madera de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	156
Tabla 4.108 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento interior de madera de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	156
Tabla 4.109 – Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento interior de madera de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	157
Tabla 4.110 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del pavimento de terrazo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	158
Tabla 4.111 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del pavimento de terrazo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	158
Tabla 4.112 – Comparativa de los impactos ambientales del pavimento de terrazo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	159
Tabla 4.113 – Comparativa del desempeño económico (€/m^2) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	160
Tabla 4.114 – Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	160
Tabla 4.115 – Comparativa de los impactos ambientales del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público.....	161

Capítulo 5

Tabla 5.1 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	163
Tabla 5.2 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	164
Tabla 5.3 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	164

Tabla 5.4 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	165
Tabla 5.5 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	166
Tabla 5.6 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	167
Tabla 5.7 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	168
Tabla 5.8 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	169
Tabla 5.9 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los solados interiores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar	170
Tabla 5.10 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación de la vivienda unifamiliar y el edificio público	171
Tabla 5.11 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura de la vivienda unifamiliar y el edificio público	172
Tabla 5.12 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos de la vivienda unifamiliar y el edificio público.....	173
Tabla 5.13 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores de la vivienda unifamiliar y el edificio público	174
Tabla 5.14 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas de la vivienda unifamiliar y el edificio público	175
Tabla 5.15 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos de la vivienda unifamiliar y el edificio público	176
Tabla 5.16 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores de la vivienda unifamiliar y el edificio público	176
Tabla 5.17 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores de la vivienda unifamiliar y el edificio público	177
Tabla 5.18 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los pavimentos de la vivienda unifamiliar y el edificio público	178
Tabla 5.19 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación del edificio plurifamiliar y el edificio público	180
Tabla 5.20 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura del edificio plurifamiliar y el edificio público	181
Tabla 5.21 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos del edificio plurifamiliar y el edificio público	182
Tabla 5.22 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores del edificio plurifamiliar y el edificio público	182
Tabla 5.23 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas del edificio plurifamiliar y el edificio público	183
Tabla 5.24 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos del edificio plurifamiliar y el edificio público	184
Tabla 5.25 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores del edificio plurifamiliar y el edificio público	185

Tabla 5.26 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores del edificio plurifamiliar y el edificio público	186
Tabla 5.27 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los pavimentos del edificio plurifamiliar y el edificio público	187
Tabla 5.28 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	188
Tabla 5.29 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	189
Tabla 5.30 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	190
Tabla 5.31 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	191
Tabla 5.32 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	192
Tabla 5.33 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	193
Tabla 5.34 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	194
Tabla 5.35 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	195
Tabla 5.36 – Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los pavimentos de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público	196

GLOSARIO

Agotamiento / reducción

– Acabar recursos o posibilidades hasta su desaparición, resultado de la extracción del recurso no renovable del medio ambiente o extracción de recurso renovable con bajo poder de renovación.

Análisis del ciclo del inventario del ciclo de vida (ICV)

– Fase de un ACV que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y resultados de un sistema del producto durante su ciclo de vida.

Análisis de incertidumbre

– Procedimiento sistemático para cuantificar la indeterminación introducida en los resultados de un análisis de inventario del ciclo de vida debido a los efectos acumulativos de la imprecisión del modelo, de la incertidumbre de las entradas y de la variabilidad de los datos.

Análisis de sensibilidad

– Procedimiento sistemático para estimar los efectos sobre el resultado de un estudio de las opciones elegidas en lo que respecta a métodos y datos.

Análisis del ciclo de vida (ACV)

– Recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

Análisis comparativo

– Relación de aspecto medioambiental con respecto a la superioridad o equivalencia de un producto contra un otro producto competente que cumpla la misma función.

Asignación

– Distribución de los flujos de entrada o salida de un proceso o un sistema del producto, pero que no constituye una parte del producto.

Aspecto ambiental

– Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización, que puede interactuar con el medio ambiente.

Categoría de impacto

– Clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida.

Ciclo de vida

– Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de la materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta su disposición final.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

– Aquellos compuestos capaces de producir oxidantes fotoquímicos mediante reacciones provocadas por la luz solar en presencia de óxidos de nitrógeno. Forman parte de las emisiones de los procesos industriales. Su incidencia sobre el medio ambiente es negativa.

Coproducto

– Cualquier producto entre dos o más productos provenientes del mismo proceso unitario o sistema del producto.

Daño

– Una deterioración de la calidad del medio ambiente no directamente atribuible a una depreciación o contaminación.

Efecto medioambiental

– Es cualquier acción transformadora (o cambio) ocasionada directa o indirectamente por las actividades, productos y servicios de una organización en el medio ambiente, sea perjudicial o beneficiosa.

Emisiones y vertidos

– Emisiones al aire y vertidos al agua y suelo.

Energía base

– Calor de combustión de una materia prima que no se utiliza como fuente de energía de un sistema del producto, expresada en términos de poder calorífico superior o de poder calorífico inferior.

Energía de proceso

– Entrada de energía requerida en un proceso unitario, para llevar a cabo el proceso o hacer funcionar el equipo, excluyendo las entradas de energía para la producción y suministro de energía.

Entrada auxiliar

– Materia que entra y se utiliza en el proceso unitario para obtener el producto, pero que no constituye una parte del producto.

Entrada

– Flujo de producto, de materia o energía que entra en un proceso unitario.

Evaluación

– Elemento dentro de la fase de interpretación del ciclo de vida que pretende establecer confianza en los resultados del ACV.

Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

– Fase del ACV dirigida a conocer y evaluar la magnitud y cuán significativos son los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todo el ciclo de vida del producto.

Etapas

- Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman la materia prima en producto.

Factor de caracterización

- Factor que surge de un modelo de caracterización, que se aplica para convertir el resultado del ICV asignado a la unidad común del indicador de categoría.

Flujo de producto

- Productos que entran o salen de un sistema del producto hacia otro.

Flujo elemental

- Material o energía que entra en el sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio sin una transformación posterior por el ser humano.

Flujo de energía

- Entrada o salida de un proceso unitario o un sistema de producto, expresado en unidades de energía.

Impacto ambiental

- Toda alteración en el ambiente que afecte positivamente o negativamente la calidad de vida humana o que tenga impacto sobre las opciones del desarrollo económico-social en el área de influencia del proyecto.

Indicador de la categoría de impacto

- Representación cuantificable de una categoría de impacto.

Indicador de impacto

- Atributo o aspecto natural del medio ambiente, salud humana o recursos, que se identifica como una preocupación o problema ambiental.

Indicador medioambiental

- Parámetro representativo del daño de un producto al medio ambiente, obtenido por el análisis de ciclo de vida.

Inventario del ciclo de vida

- Fase del análisis de ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de las entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

Inventarios

- Lista de elementos directamente asociados al producto los cuales son obtenidos del sistema de producción y que tienen efectos potenciales sobre el medio ambiente.

Interpretación de ciclo de vida

– Fase del análisis del ciclo de vida en que los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, que evalúan en relación con el objetivo y el alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

Límites del sistema

–Conjunto de criterios que especifican cuáles de los procesos unitarios son parte de un sistema del producto.

Lluvia ácida

– Fenómeno de deterioro de determinadas regiones como consecuencia de la acumulación de algunos gases en la atmósfera que la acción de las lluvias permite su traspaso a la superficie terrestre como ácidos. Los gases protagonistas son fundamentalmente el SO₂, NO_x Y NH₃.

Medio ambiente

–Entorno vital; conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en la que vive.

Materia Prima

–Materia primaria o secundaria que se usa para elaborar un producto.

Parte interesada

– Persona o grupo que tiene un interés o está afectado por el desempeño ambiental de un sistema del producto o por los resultados del ACV.

Polución

– Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.

Proceso unitario

–Elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida.

Proceso

–Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Producto

– Cualquier bien o servicio.

Recursos naturales

– Aquellos bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano; y que son valiosos para las sociedades humanas por contribuir a su

bienestar y desarrollo de manera directa (materias primas, minerales, alimentos) o indirecta (servicios ecológicos indispensables para la continuidad de la vida en el planeta).

Residuo

- Sustancias u objetos a cuya disposición se procede o se está obligado a proceder.

Revisión Crítica

- Proceso que pretende asegurar la coherencia entre un análisis del ciclo de vida y los principios y requisitos de las normas internacionales sobre análisis del ciclo de vida.

Salidas

- Flujo de producto, de materia o de energía que sale de un proceso unitario.

Sistema del producto

- Conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ACV de un producto.

Transparencia

- Presentación de información de forma abierta, exhaustiva y comprensible.

Unidad funcional

- Desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia.

Unidad del proceso

- La porción más pequeña de un sistema de análisis que reúne los datos necesarios para realizar el análisis del ciclo de vida.

ABREVIATURAS

BEES – Building for Environmental and Economic Sustainability (Sostenibilidad ambiental y económica en los edificios)

ACV – Análisis de Ciclo de Vida

ICV – Inventario del Ciclo de Vida

EICV – Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida

CCV – Coste del Ciclo de Vida

COV – Compuestos Orgánicos Volátiles

EPA - Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del medioambiente, EE.UU.)

EPP – Environmentally Preferable Purchasing (Compras Preferibles Ambientalmente)

SAB – Science Advisory Board (Consejo Asesor Científico)

TRI – Environmental Protection Agency's Toxic Release Inventory (Agencia de Protección Medioambiental para Agentes Tóxicos Liberados, EE.UU.)

EPS – Environmental Priority Strategies (Estrategias Prioritarias Medioambientales)

NIST – National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, EE.UU.)

GWPs – Global Warming Potentials (Potenciales del Calentamiento Global)

CFC – Clorofluorocarbono

HCFC – Hidroclorofluorocarburos

DBO – Demanda Biológica de Oxígeno

COD – Demanda Química de Oxígeno

OSB – Oriented Strand Board (Madera de fibra orientada)

MDI – Methylene Diphenylisocyanate (Diisocyanate del diphenyl del metileno)

T & E – Threatened and Endangered (Especies amenazadas y en peligro de extinción)

TRACI – Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts (Herramienta para la reducción y evaluación de productos químicos y otros impactos ambientales)

DALY – Disability Adjusted Life Years (Años de vida perdidos)

TEP – Toxicity Equivalency Potentials (Equivalencia de los Potenciales Tóxicos)

AHP – Analytic Hierarchy Process (Proceso Analítico Jerárquico)

MRI – Midwest Research Institute (Instituto de Investigación del Medio Oeste)

SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry (Sociedad de toxicología y química ambiental)

NREL – National Renewable Energy Laboratory (Laboratorio nacional de energías renovables)

LCI – Life Cycle Inventory (Inventario de ciclo de vida)

CORRIM – Consortium for Research on Renewable Industrial Materials (Consortio para la Investigación sobre Materiales Industriales Renovables)

MADA – Multiattribute Decision Analysis (Análisis de decisión multiatributo)

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento desmesurado de la población mundial a partir de 1950, ha originado una demanda continua y creciente de nuevas construcciones, para lo que se necesitan grandes cantidades de recursos naturales para su construcción, pero también en su uso y en su disposición final. Esto contribuye a la transformación del medio ambiente con consecuencias e impactos tanto para la humanidad como para el medio ambiente.

Jacques Lair ¹ en el 2010 dijo: “El sector de la edificación registra un 40% de las emisiones mundiales de carbono, 40% de los recursos naturales consumidos y el 40% de los residuos generados en todo el mundo”. Por un intento de solucionar esta situación actual, se ha creado la nueva norma ISO 21931-1:2010, *Sostenibilidad en la construcción de edificios - Marco para métodos de evaluación del comportamiento ambiental de las obras de construcción - Parte 1: Construcciones*, que tiene por objeto mejorar el desempeño ambiental de los edificios, proporcionando un consenso internacional para los métodos utilizados en la evaluación de su gestión ambiental.

Debido a la problemática ambiental del sector, y fundamentándose en el ciclo de vida de los productos, existen diversas metodologías científicas que permiten apoyar la gestión medioambiental de los productos o procesos. Entre estas metodologías se encuentra el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), el cual ha demostrado su validez para valorar y evaluar los impactos potenciales al medio ambiente ocurridos durante el ciclo de vida de un producto o proceso, además se presenta como una herramienta efectiva y de apoyo en los aspectos ambientales.

El ciclo de vida completo de las edificaciones, es una estructura compleja en la que participan múltiples productos y servicios intermedios, y que además no están estandarizados, lo que hace que resulte difícil, pero no imposible, elaborar un análisis completo desde un enfoque medioambiental y justifica que ciertos estudios se concentren en determinadas fases de su ciclo de vida o que estén relacionadas sólo con el ciclo de vida de los materiales o servicios más relevantes de la construcción.

¹Presidente del subcomité que ha desarrollado la norma ISO 21931-1.

2. BASE DE TRABAJO

2.1. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) E IMPACTO AMBIENTAL

2.1.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) cuantifica, cualifica y valora los flujos de un sistema, las entradas (materia y energía) y las salidas (productos, coproductos y emisiones), para posteriormente evaluar los aspectos e impactos ambientales potenciales¹ a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final.

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa a principios de los setenta, motivados por la crisis del petróleo. Si bien el primer ACV fue realizado en 1969 por el MRI para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Grupos como Franklin Asociados Ltd. junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas y salidas e incorporando cálculos de energía.

En Europa, fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementó. En esta misma década fue cuando se desarrollaron dos cambios importantes: primero, los métodos para cuantificar los impactos del producto en las distintas categorías de problemas ambientales (como el calentamiento global y agotamiento de los recursos); y segundo, los estudios de ACV comenzaron a estar disponibles para uso público.

El ACV solía recibir otros nombres, tales como ecobalances, análisis del perfil ambiental y de recursos, análisis ambiental integral, perfiles ambientales, entre otros; fue en 1991, cuando la comunidad internacional de expertos en el tema definió el nombre de Análisis de Ciclo de Vida

La SETAC² en 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV, con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Lo anterior impulsó la realización masiva de ACV. Posteriormente, la ISO apoyó este desarrollo para establecer una estructura de trabajo, uniformar métodos, procedimientos y terminologías.

¹ La expresión “impactos ambientales potenciales” es relativa, ya que está relacionada con la unidad funcional de un sistema de producto.

² Sociedad que en 1992 desarrolló y dio origen al ACV, prácticamente tal y como se conoce hoy en día.

El ACV, está regulado por la familia de las normas ISO 14040, donde se especifican las acciones y pasos a seguir para la realización de un análisis de ciclo de vida.

ISO 14040:2006 - Principios y marco de referencia.

ISO 14044:2006 - Requisitos y directrices.

El ACV permite evaluar el impacto ambiental de un proceso o producto considerando todas las etapas que intervienen desde la extracción de la materia prima hasta su eliminación, es decir es un análisis “de la cuna a la tumba”, como se muestra en la Figura 2.1.

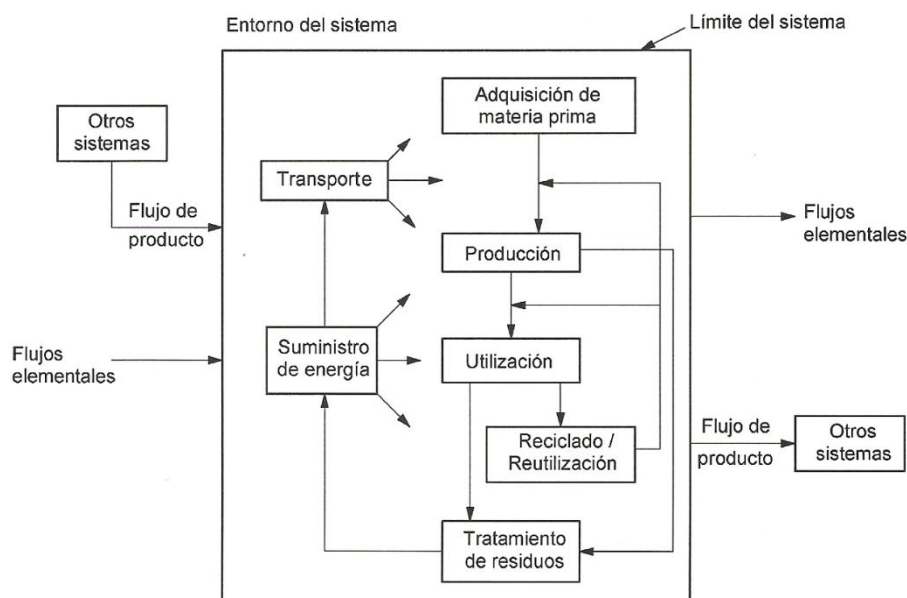


Figura 2.1: Ejemplo de un sistema del producto para el ACV

(Fuente: ISO 14.040:2006)

El objetivo es llegar a evaluar los impactos ambientales que genera el producto, relacionados con la salud humana y el agotamiento de los recursos, lo que implica identificar y cuantificar la energía, las materias primas y los residuos liberados al medioambiente en cada una de las etapas y poder evaluarlo posteriormente en conjunto.

El ACV es una herramienta de gestión ambiental de carácter globalizador, que evita el traslado del problema a otra etapa del ciclo de vida o a otro impacto ambiental, además de mostrar una relación de todos los recursos utilizados, así como de los residuos o emisiones generados por la unidad funcional del sistema, permitiendo su evaluación.

El ACV es un enfoque relativo, que se estructura alrededor de una unidad funcional. Esta unidad funcional define lo que se está estudiando, por lo que todos los análisis subsecuentes son por tanto relativos a esa unidad funcional.

La técnica del ACV es iterativa, y mientras se recopilan los datos e informaciones, pueden tener que modificarse diversos aspectos del alcance para cumplir con el objetivo original del estudio.

El ACV posibilita identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental, aportar información a quienes toman decisiones, optimizar el uso de los recursos materiales o energéticos y gestionar los recursos producidos, para poder disminuir el impacto ambiental de la construcción, por lo que aunque en algunos casos no sea posible realizar un completo ACV del producto, se deberá realizar un estudio del **Inventario del Ciclo de Vida (ICV)**, que conlleva las mismas etapas del ACV, excepto la etapa de **Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV)**.

El ACV no tiene en cuenta los aspectos e impactos económicos y sociales que afectan a los procesos o productos estudiados por el ACV.

Después de treinta años el ACV ha tenido un avance impresionante, sin embargo, la técnica está en una etapa temprana de su desarrollo.

Un ACV tiene varios objetivos según para qué fines se realice:

- Identificación de los procesos, ingredientes y sistemas que contribuyen más significativamente al impacto ambiental.
- Comparación de diferentes opciones para un proceso en particular con el objetivo de minimizar los impactos ambientales.
- Servir de guía en las planificaciones estratégicas a largo plazo relacionadas con las modas en el diseño de productos y en los materiales.
- Evaluación de los efectos sobre los recursos naturales asociados con determinados productos.
- Ayudar a introducir a los diseñadores de productos el uso de materiales de producción más respetuosos con el medioambiente y en la comparación ambiental de productos equivalentes.

Los puntos fuertes del ACV son:

- Considera impactos globales y regionales
- Posibilita estimar los impactos que influyen en la salud humana

Los puntos débiles del ACV son:

- No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto.

La administración también se ha interesado mucho por esta metodología, de hecho se usa para otorgar ecoetiquetas. En Alemania además se usa el ACV del edificio, para determinar si un edificio es sostenible o no.

2.1.2. IMPACTOS AMBIENTALES

Toda actividad en fase de funcionamiento, y generalizando en fase de construcción, produce bienes, coproductos y efluentes; estos últimos en forma de emisiones (gases), vertidos (líquidos) y residuos (sólidos). La función receptora del entorno se realiza a través de los vectores ambientales aire, agua y suelo, a través de los cuales los contaminantes, que tienen el potencial de causar daño, pueden ser transportados de manera que entren en contacto con los seres humanos.

A continuación se describen los impactos que se tienen en cuenta en el programa BEES, y se describen los vectores ambientales implicados:

2.1.2.1. Calentamiento Global

La tierra absorbe la radiación del sol, principalmente en la superficie, esta energía se redistribuye por la atmósfera y el océano y se vuelve a irradiar al espacio a mayores longitudes de onda. Parte de la radiación térmica es absorbida por el "efecto invernadero" gases de la atmósfera, principalmente vapor de agua, también dióxido de carbono, metano, los clorofluorocarbonos, y el ozono. La energía absorbida se vuelve a irradiar en todas direcciones, tanto hacia arriba como hacia abajo, de tal manera que la radiación que se pierde en el espacio es la que va a lo más alto, los niveles más fríos de la atmósfera. El resultado es que la superficie pierde menos calor hacia el espacio de lo que se perdería en ausencia de los gases de efecto invernadero y, por consiguiente se mantiene más caliente de lo que sería de otra forma. Este fenómeno, que actúa más bien como un "vacío" alrededor de la tierra, se conoce como el efecto invernadero.

El efecto invernadero es un fenómeno natural. El problema ambiental es el cambio en el efecto invernadero debido a las emisiones (un aumento del efecto) y las absorciones (una

disminución) atribuibles a los humanos. Un aumento general de temperatura puede alterar las temperaturas atmosféricas y oceánicas, lo que potencialmente puede conducir a la alteración de la circulación y los patrones climáticos. Un aumento del nivel del mar también se predice a partir del aumento de la temperatura debido a la expansión térmica de los océanos y del derretimiento de las capas de hielo polares.

En la siguiente Figura 2.2, se puede ver como cerca de la mitad de la radiación solar es absorbida por la Tierra y el resto de radiación se refleja como radiación infrarroja como muestran las flechas amarillas de la figura, parte de esta radiación infrarroja pasa a través de la atmósfera como muestra la figura con la flecha roja, pero otra parte de esta radiación es absorbida y reemitida por las moléculas de los gases de efecto invernadero y por las nubes, representada esta radiación en el gráfico por las flechas naranjas, éstas hacen el calentamiento de la atmósfera y sus capas inferiores.

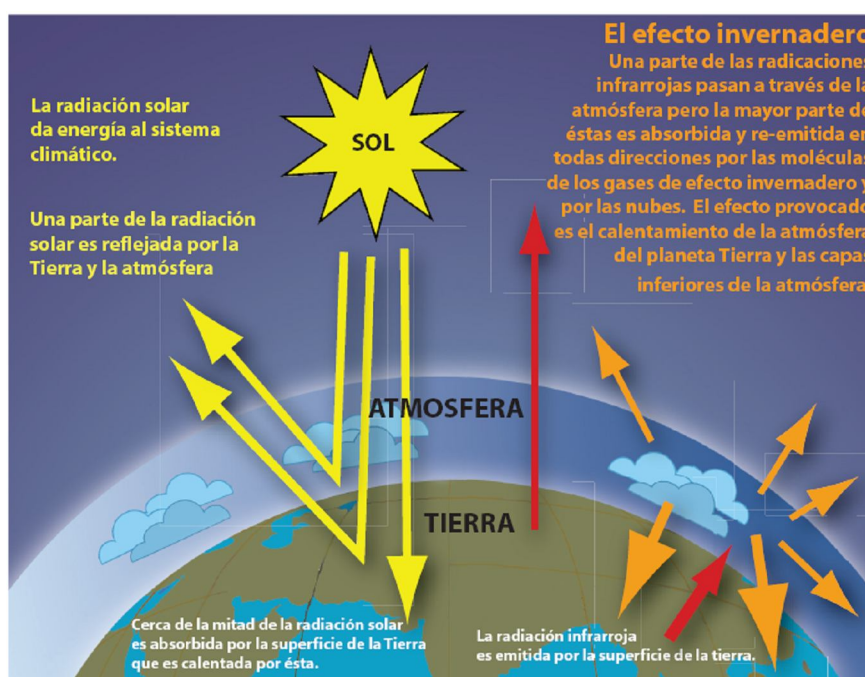


Figura 2.2: Modelo idealizado del efecto invernadero natural

(Fuente: IPCC AR4 Base de Ciencia Física)

2.1.2.2. Acidificación

Los compuestos acidificantes pueden estar en los tres vectores: aire, agua y terreno. Llegan a los ecosistemas, mediante su disolución en la lluvia o deposición húmeda. La acidificación afecta a los árboles, el suelo, edificios, animales y seres humanos. Los dos compuestos principalmente involucrados en la acidificación son compuestos de azufre y nitrógeno. Su principal fuente son los combustibles fósiles y la combustión de biomasa, otros compuestos

liberados por fuentes humanas, son el cloruro de hidrógeno y amoníaco, que también contribuyen a la acidificación. En la Figura 2.3, se muestra como las actividades antropogénicas (transporte y la industria), emiten al medioambiente dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x) que junto con el agua de lluvia, hace posible la lluvia ácida que como se ha dicho antes afecta a los seres vivos, el suelo y edificios.

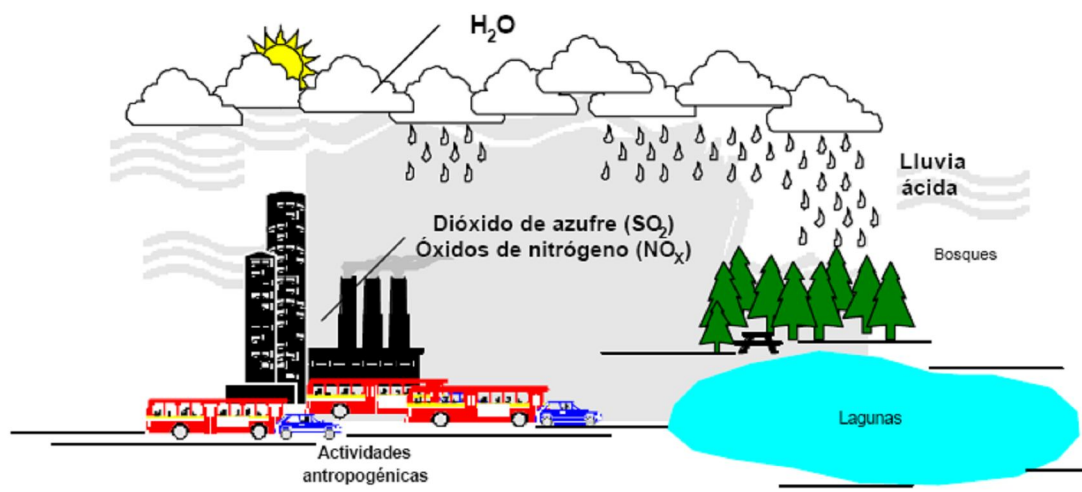


Figura 2.3: Procesos químicos de la acidificación con efecto a través de la lluvia ácida

2.1.2.3. Eutrofización

La eutrofización es la adición de nutrientes minerales al vector suelo o bien al vector agua. En ambos vectores, la adición de grandes cantidades de nutrientes minerales, como el nitrógeno y el fósforo, son los resultantes en general de cambios indeseables en el número de especies de los ecosistemas y la reducción de la biodiversidad. En la Figura 2.4 se muestra el proceso que conlleva a la eutrofización, en el primer escenario se puede ver que mientras el agua es clara y limpia, la luz penetra por lo que prospera la vegetación acuática sumergida, en el segundo escenario con el paso del tiempo el agua se turbia, prospera la aparición de microalgas en la superficie y el fondo acuático queda en oscuridad, la tercera escena es en la que se produce la eutrofización por el agotamiento del oxígeno y la muerte de los vertebrados por la falta de oxígeno.

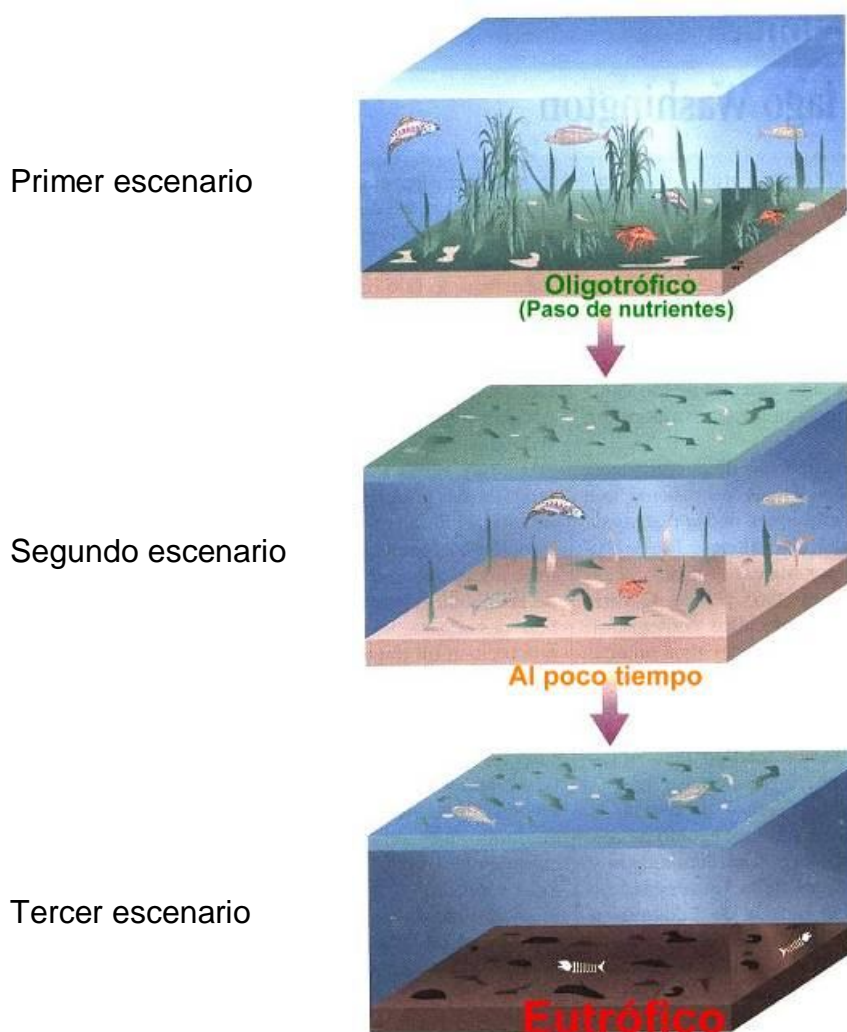


Figura 2.4: Esquema del proceso de eutrofización según Bernard J.Nebel y Richard T. Wright

(Fuente: Lanalhue noticias; http://ln.fica.cl/muestra_noticia.php?id=3774)

2.1.2.4. Agotamiento de los combustibles fósiles

El sistema energético actual está fuertemente basado en los combustibles fósiles y el ritmo de consumo es tal que en un año la humanidad consume lo que la naturaleza tarda un millón de años en producir, por lo que el agotamiento de las reservas existentes es una realidad. Cuantificar esta posibilidad es difícil, pero las previsiones más optimistas dan plazos inferiores a 100 años para el agotamiento de las reservas de petróleo.

2.1.2.5. Calidad del aire interior

Los impactos de la calidad del aire interior no están incluidos en las evaluaciones de los impactos de los análisis del ciclo de vida tradicionales. La mayoría de los ACV realizados hasta la fecha se han aplicado a una vida relativamente corta, en productos que no son de construcción (por ejemplo, papel y bolsas de plástico), por lo que el impacto de la calidad del aire interior no es una cuestión importante. Sin embargo, el desempeño del aire interior de los productos de construcción es de particular preocupación en el sector de la construcción y deberán considerarse estos impactos explícitamente en el ACV de cualquier producto de construcción.

Hay poco consenso científico sobre las contribuciones relativas de los contaminantes en el desempeño del aire interior. A falta de factores de caracterización fiables, un producto total de compuestos orgánicos volátiles (COV) se utiliza a menudo como una medida de las contribuciones en peso de los distintos compuestos que componen la medida. Pero la confianza en las emisiones de los COV, por sí sola puede ser engañosa si hay otros contaminantes del aire interior como partículas, aerosoles y moho. Por último, el total de medidas de los COV son altamente dependientes del método analítico utilizado y no existe un método único de análisis que pueda medir toda la gama de COV, lo que hace la expresión "total" algo engañosa.

2.1.2.6. Alteración del hábitat

El impacto de la alteración del hábitat mide el uso de la tierra por los seres humanos, para producir daño a especies amenazadas y en peligro de extinción (T & E). La densidad de las especies T & E se utiliza como valor para saber el grado, en el que el uso de la tierra puede producir cambios indeseables en los hábitats. Este planteamiento no tiene en cuenta el estado original de la tierra, la extensión en la que cambia debido a la actividad humana, o el tiempo necesario para restaurar la tierra a su estado original.

Los datos de inventario no están disponibles fácilmente, para la evaluación en todas las etapas del ciclo de vida, para la alteración del hábitat. El uso y las etapas finales de su vida útil ofrecen los únicos datos fiables del inventario para este impacto. Estas dos etapas, sin embargo, pueden ser las etapas del ciclo de vida más importantes de la evaluación de la alteración del hábitat, debido a sus contribuciones a los vertederos.

2.1.2.7. Consumo de agua

El agua está distribuida muy desigualmente en el planeta con áreas en las cuales es abundante y otras en las cuales escasea; otro inconveniente es que la demanda del agua asciende de forma muy acelerada. Una consecuencia del mal uso del agua ha sido y es, en

especial en los últimos 150 años, un fuerte deterioro de su calidad debido a fenómenos diversos de contaminación.

Por lo que el agotamiento de los recursos hídricos, no se ha evaluado como un impacto importante hasta la fecha, pero los investigadores están empezando a abordarlo en zonas escasas de agua.

2.1.2.8. Polución atmosférica

Los contaminantes del aire son partículas sólidas y líquidas, que se encuentran comúnmente en el vector aire. Surgen de actividades como la combustión de los vehículos, la generación de energía, el manejo de materiales y las operaciones de trituración y molienda. Incluyen partículas secundarias que se sabe que agravan las enfermedades respiratorias como el asma, y partículas finas que pueden dar lugar a síntomas y enfermedades respiratorias más graves.

Los años de vida perdidos o DALYs, se han desarrollado para medir la pérdida de salud por contaminación del aire exterior. Representan los años de vida perdidos y años vividos con discapacidad, ajustados por la severidad de las condiciones desfavorables asociadas a la salud.

2.1.2.9. Salud humana

Hay muchos efectos potenciales sobre la salud humana como la exposición a sustancias industriales y naturales, que van desde la irritación temporal a la incapacidad permanente e incluso la muerte. Algunas sustancias tienen una amplia gama de efectos, que sobre diferentes personas han dado amplias tolerancias a diferentes sustancias.

2.1.2.10. Formación de smog

Bajo ciertas condiciones climáticas, las emisiones atmosféricas de la industria y el transporte pueden ser atrapadas a nivel del suelo, donde reaccionan con la luz solar para producir smog fotoquímico. Uno de los componentes del smog es el ozono, que es producido a través de las interacciones de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). El smog produce efectos nocivos sobre la salud humana y la vegetación.

En la Firuga 2.5, se muestra como la producción del monóxido de nitrógeno, que junto con el oxígeno de la atmósfera se transforma en dióxido de carbono, que si se une al agua da ácido nítrico y si se une con hidrocarburos puede formar nitratos de peroxiacilo. El dióxido

Dr. Jose Manuel Gómez Soberón

de carbono más los hidrocarburos con oxígeno, puede formar formaldehidos y otras aldehídos, lo que provoca todo ello el smog fotoquímico en la atmósferas de las ciudades.

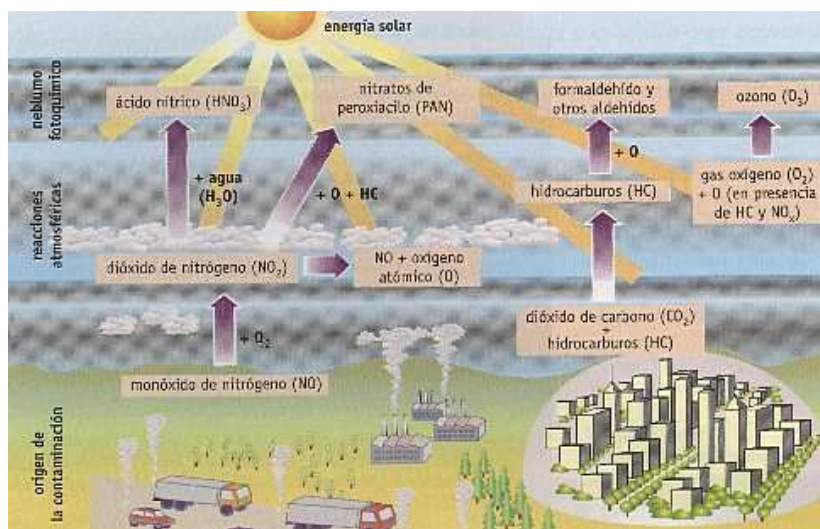


Figura 2.5: Formación de smog fotoquímico (Fuente:www.tecnun.es)

2.1.2.11. Agotamiento del ozono

La capa de ozono está presente en la estratosfera y actúa como un filtro que absorbe los dañinos rayos ultravioleta, de onda corta, al tiempo que permite mayores longitudes de onda para pasar a través de él. Un adelgazamiento de la capa de ozono permite que la radiación de onda corta, más dañina, llegue a la superficie de la tierra, lo que podría causar cambios en los ecosistemas, que tengan diferentes habilidades para hacerle frente al problema. Los efectos sobre el hombre pueden incluir un aumento de cáncer de piel y cataratas en los ojos, así como la supresión del sistema inmune. Además del efecto sobre el clima. En la Figura 2.6 se muestra que el ozono situado en la estratosfera es que protege a la tierra de la radiación solar, que es la que se encuentra a 50 Km, mientras que la capa de ozono situada en la troposfera, a 10 Km es la que perjudica al medioambiente y seres humanos.

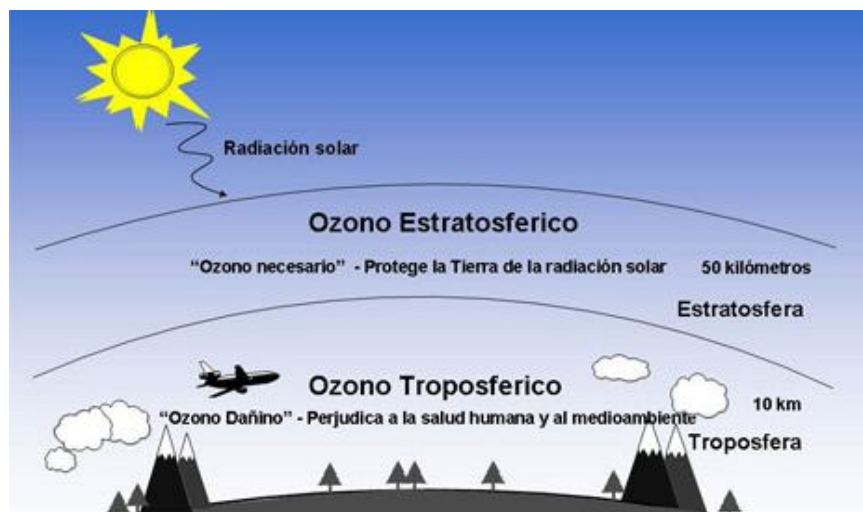


Figura 2.6: Los estados de la capa de ozono (Fuente: www.marn.gob.gt)

2.1.2.12. Toxicidad ecológica

El impacto de toxicidad ecológica mide el potencial de una sustancia química, liberada en el medio ambiente, para dañar los ecosistemas terrestres y acuáticos. El método consiste en medir las concentraciones de contaminantes de origen industrial, así como el potencial de estos contaminantes para dañar los ecosistemas.

2.2. METODOLOGÍA DEL ACV

La metodología de ACV, descrita por la serie de normas ISO 14040, está formada por cuatro fases principales:

1. Definición del objetivo y el alcance
2. Análisis de inventario del ciclo de vida (ICV)
3. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)
4. Interpretación

En la Figura 2.7, se muestran las principales etapas del análisis del ciclo de vida, junto con las relaciones que existen entre ellas, donde se puede ver lo flexible que es la metodología.

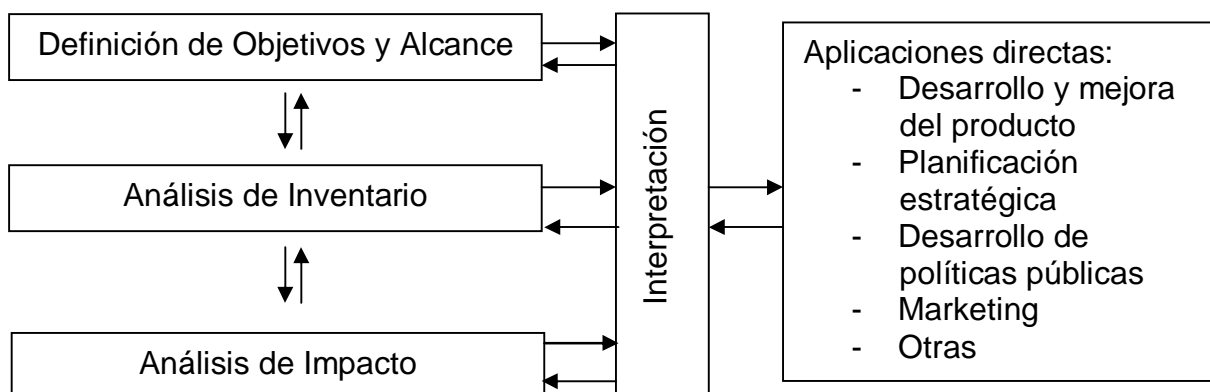


Figura 2.7: Etapas del ACV

(Fuente: ISO 14.040:2006)

2.2.1. Definición del objetivo y alcance

En esta etapa se definen los límites del sistema y el nivel de detalle. La profundidad y amplitud del ACV depende del tema y del uso previsto del estudio, así pues, los diversos estudios pueden diferir considerablemente dependiendo del objetivo marcado.

2.2.1.1. Objetivo del estudio

El objetivo de un ACV define la aplicación prevista, las razones para realizar el estudio, el público previsto, es decir las personas a las que se prevé comunicar los resultados del estudio; y si se prevé utilizar los resultados en aseveraciones comparativas que se divulgarán al público.

2.2.1.2. Alcance del estudio

El alcance debería estar suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y el nivel de detalle del estudio sean compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo establecido.

El alcance incluye:

- el sistema del producto a estudiar;
- las funciones del sistema del producto o, en el caso de estudios comparativos, los sistemas;
- la unidad funcional;

- los límites del sistema;
- los procedimientos de asignación;
- las categorías de impacto seleccionadas y la metodología de evaluación de impacto, y la subsecuente interpretación a utilizar;
- requisitos relativos a los datos;
- las suposiciones; las limitaciones;
- los requisitos iniciales de calidad de los datos;
- el tipo de revisión crítica, si la hay;
- el tipo y formato del informe requerido para el estudio.

En el alcance del estudio se considerarán y definirán:

La unidad funcional que define la cuantificación de las funciones identificadas (características de desempeño) del producto. Su propósito es proporcionar una referencia a la cual se relacionan las entradas y salidas. Se necesita esta referencia para asegurar que los resultados del ACV son comparables.

Es importante determinar el flujo de referencia en cada sistema del producto, para cumplir con la función prevista, es decir, la cantidad de productos necesaria para cumplir la función.

Los límites del sistema que definen los procesos unitarios a ser incluidos en el sistema. Idealmente el sistema del producto se debería modelar de tal manera que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales.

Los criterios utilizados para establecer los límites del sistema son importantes para el grado de confianza en los resultados del estudio y la posibilidad de alcanzar su objetivo.

Cuando se establecen los límites del sistema, se deben considerar varias etapas del ciclo de vida, procesos unitarios y flujos como por ejemplo:

- Adquisición de materias primas;
- Entradas y salidas en la secuencia principal de fabricación/procesamiento;
- Distribución/transporte;

- Producción y utilización de combustibles, electricidad y calor;
- Utilización y mantenimiento de productos;
- Disposición de los residuos del proceso y de los productos;
- Recuperación de productos utilizados (incluyendo reutilización, reciclado y recuperación de energía);
- Producción de materiales secundarios;
- Producción, mantenimiento y desmantelamiento de equipos;
- Operaciones adicionales, tales como iluminación y calefacción.

2.2.2. Análisis de inventario del ciclo de vida (ICV)

Es la recopilación de los datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema del producto.

2.2.2.1. Recopilación de datos

Los datos para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema pueden clasificarse bajo los títulos que incluyen:

- Las entradas de energía, de materia prima, entradas auxiliares y otras entradas físicas;
- Los productos, coproductos y residuos;
- Las emisiones al aire, los vertidos al agua y suelo;
- Otros aspectos ambientales.

Las limitaciones prácticas en la recopilación de datos deberían tenerse en cuenta en el alcance y documentarse en el informe del estudio.

En la Figura 2.8 se muestra un esquema simplificado de cómo se han de tratar los datos, donde se muestra las pautas a seguir para conseguir el análisis del inventario de un producto o proceso.

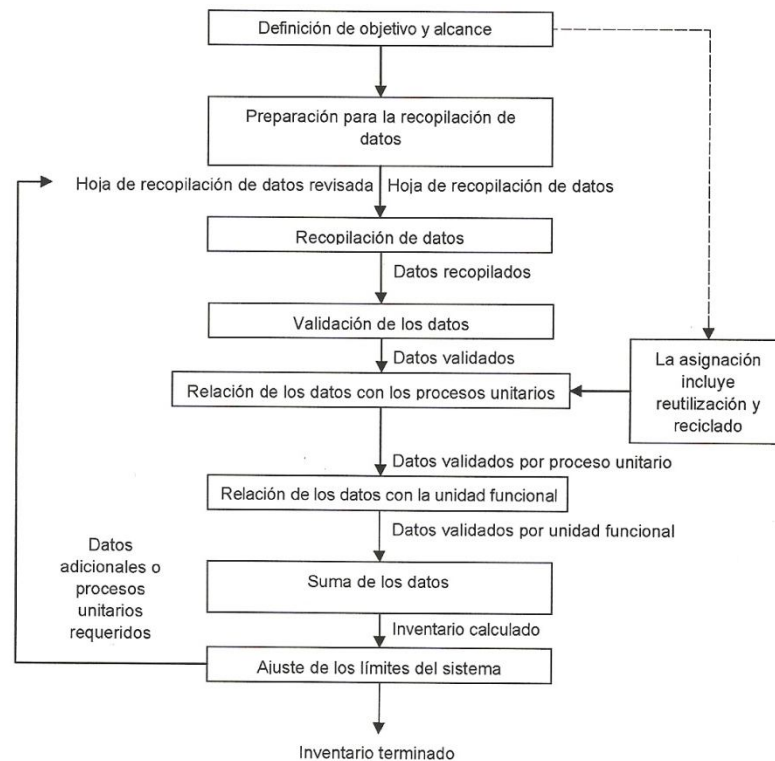


Figura 2.8: Procedimientos simplificados para el análisis del inventario.

(Fuente: ISO 14.044:2006)

2.2.2.2. Cálculo de los datos

Los procedimientos de cálculo, incluyen:

- Validación de los datos recopilados.
- Relación de los datos con los procesos unitarios.
- La relación de los datos con el flujo de referencia de la unidad funcional.

El cálculo de datos es necesario para generar los resultados del inventario del sistema definido para cada proceso unitario y para la unidad funcional definida del sistema del producto que se va a modelar.

El cálculo de los flujos de energía deberían tener en cuenta las diferentes fuentes de combustibles y electricidad utilizada, la eficiencia de la conversión y la distribución del flujo de energía, así como las entradas y salidas asociadas a la generación y la utilización de ese flujo de energía.

2.2.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)

El objetivo es evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del ICV. Este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías para entender estos impactos.

En la Figura 2.9 se muestra los elementos obligatorios y opcionales del EICV, como obligatorios son la selección, clasificación y caracterización, los elementos opcionales cuantifican el valor de los resultados del indicador de categoría con respecto a datos normalizados.

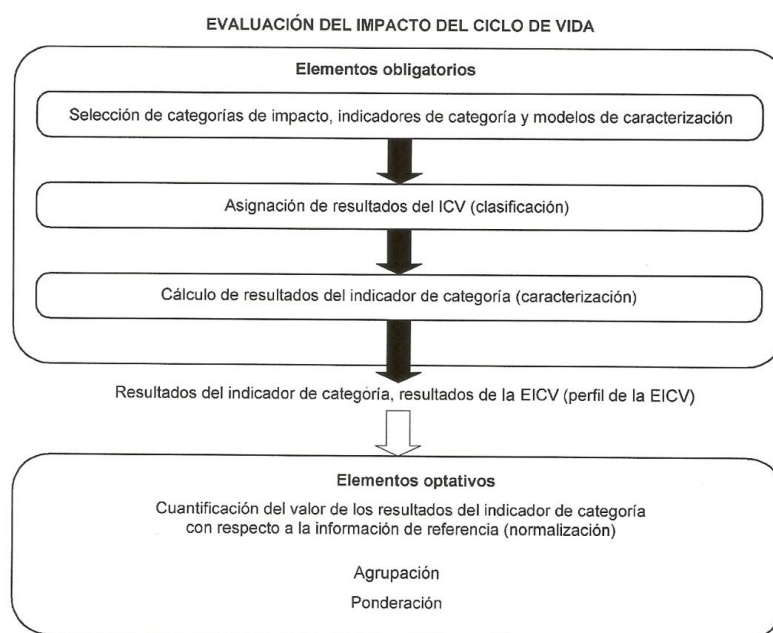


Figura 2.9: Elementos de la fase EICV

(Fuente: ISO 14.040:2006)

La EICV trata sólo los asuntos ambientales especificados en el objetivo y el alcance; por lo que no es una evaluación completa de todos los asuntos ambientales del sistema del producto bajo estudio.

La EICV no siempre puede demostrar diferencias significativas entre las categorías de impacto y los resultados de sus indicadores correspondientes para diferentes alternativas de los sistemas del producto, que puede deberse a:

- Desarrollo ilimitado de los modelos de caracterización, de los análisis de sensibilidad y de incertidumbre para la fase de la EICV.

- Limitaciones de la fase ICV, tales como establecimiento de los límites del sistema, o no se incluyen todas las entradas y salidas de cada proceso unitario, calidad inadecuada de los datos del ICV y recopilación de los datos de inventario adecuados y representativos de cada categoría de impacto.

2.2.4. Interpretación

Etapa en la que se resumen y discuten los resultados obtenidos en las fases anteriores como base para proporcionar los resultados que sean coherentes con el objetivo y alcance definidos, que lleguen a conclusiones, proporcionen recomendaciones y expliquen las limitaciones.

La interpretación del ciclo de vida intenta ofrecer una lectura comprensible, completa y coherente de la presentación de resultados de un ACV, de acuerdo con la definición del objetivo y alcance del estudio.

En la Figura 2.10 se muestran las relaciones que existen entre los elementos de la fase interpretación con otras fases del ACV, además de los pasos a llevar a cabo en la etapa de interpretación y sus aplicaciones directas.

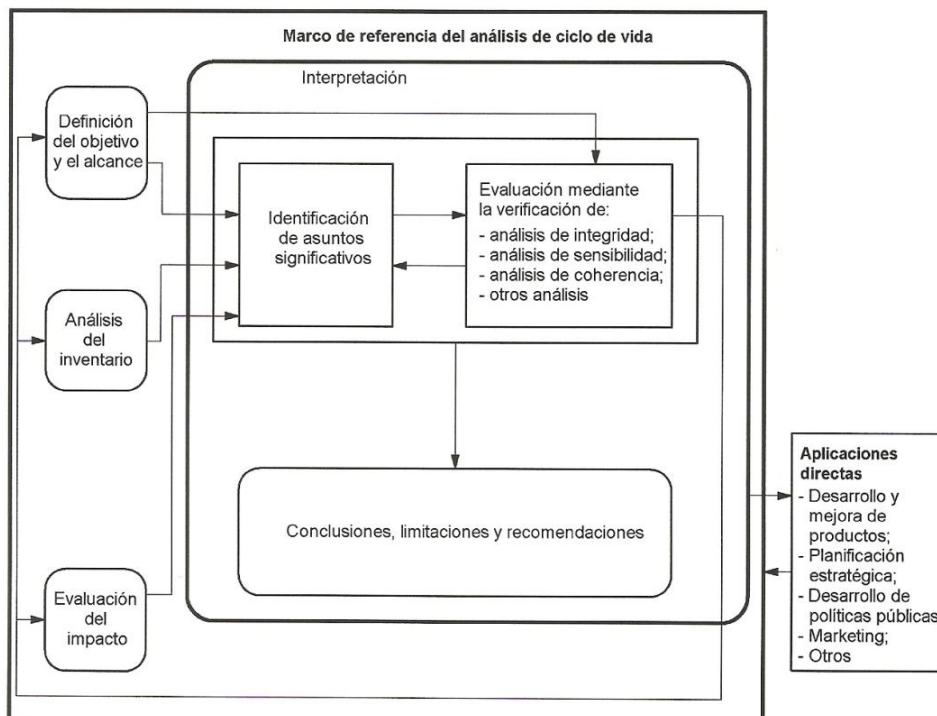


Figura 2.10: Relaciones de los elementos de la fase interpretación con otras fases del ACV

(Fuente: ISO 14.044:2006)

2.2.4.1. Revisión crítica

La revisión crítica es un proceso para verificar si un ACV ha cumplido con los requisitos de la metodología, datos, interpretación e información, y si es coherente con los principios expuestos. La utilización de los resultados de una ACV para respaldar aseveraciones comparativas aumenta las preocupaciones y requiere una revisión crítica, ya que es probable que su aplicación afecte a las partes interesadas externas al ACV.

El ACV es una herramienta compleja, que sigue evolucionando para que su metodología se aplique de forma fácil y sencilla, gracias a estos adelantos han surgido programas informáticos con aplicación al ACV.

2.3. SOFTWARES UTILIZADOS PARA EL ACV

Debido a gran cantidad de datos necesarios (datos de inventarios, cálculos para los factores de caracterización, índices de categoría, etc.) para la realización del ACV, en 1973, se creó el primer software en Estados Unidos, el cual no era perfecto y tenía ciertos errores que había que corregir para la lectura de los datos. Hoy en día existe una amplia gama de programas informáticos, disponibles tanto para expertos del ACV como para profesionales con fines más específicos (proyectistas, arquitectos, fabricantes, etc.), las diferencias fundamentales están en las bases de datos y la flexibilidad del programa. En la Tabla 2.1 se listan programas cuya función principal es el ACV, junto con el país donde se ha originado y la organización que lo ha realizado.

Tabla 2.1: Listado de programas informáticos de ACV de productos o procesos genéricos

PROGRAMA	ORGANIZACIÓN	PAÍS DE ORIGEN
BOUSTEAD	Open University	Reino Unido
CICLOPE	Universidad Politécnica de Catalunya ETSEIB	España
ECO-IT	PRé Consultants	Países Bajos
ECO-QUANTUM	RMIT University	Australia
ECOSCAN	TNO Industrial Technology	Países Bajos
ECOPRO	Sinum AG. Ecoperformance Systems	Alemania
ECOLAB	Nordic Port	Suecia
EOILCA	Researchers at the Green Design Institute of Carnegie Mellon University	Estados Unidos

EPS2000	CPM, Chalmers University of Technology	Suecia
GABI	Universidad de Stutgard in co-operation with PE Europe GmbH	Alemania
IDEMAT	TU Delft	Países Bajos
JEM-LCA	NEC (New Global Statement)	Japón
KCL ECO	Oy Kesuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab (KLC)	Finlandia
LCA IT	Chalmers Sciencepark	Suecia
MIET	Microsoft Excel spreadsheet	Estados Unidos
NIRE-LCA	Research Centre for Life Cycle Assessment os AIST	Japón
PIA	PRé Consultants	Holanda
PEMS	Pira International	Reino Unido
SIMAPRO	PRé Consultants	Países Bajos
TEAM	The Ecobilan Group	Francia
UMBERTO	ifu - Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH and ifeu - Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg GmbH	Alemania
WISARD	The Ecobilan Group	Francia

Dentro de las opciones de los programas informáticos basados en el ACV específicos para la construcción, se desarrolla en los siguientes puntos de este trabajo el programa BEES, gracias a su disponibilidad pública y gratuita.

La ausencia de trazabilidad de algunos productos de la construcción durante parte de su ciclo de vida, representa un gran inconveniente en la aplicación de programas genéricos para realizar su ACV. Esto ha desencadenado la necesidad del desarrollo de sistemas más flexibles con inventarios apropiados para cubrir la amplia gama de materiales y procesos de la construcción.

En la Tabla 2.2 se lista al igual que la Tabla 2.1 el país de origen y la organización donde se ha realizado el programa, para softwares de ACV propios para productos y procesos de la construcción.

Tabla 2.2: Listado de programas informáticos de ACV de productos o procesos de la construcción

PROGRAMA	ORGANIZACIÓN	PAÍS DE ORIGEN
ATHENA	Athena Sustainable Materials Institute	Canadá
CMLCA	Centre of Environmental Science (CML) - Leiden University	Países Bajos
BDA	Athena Sustainable Materials Institute	Canadá
BEAT	Danish Building Research Institute	Dinamarca
BECOST	VTT Materials and Construction	Finlandia
BEES	NIST National Institute of Standards and Technology	Estados Unidos
ECOEFFECT	Royal Institute of Technology in Stockholm and the University of Gävle	Nueva Zelanda
ENVEST	BRE – British Research Establishment	Reino Unido
EQUER	Center for Energy and Processes	Francia
GREENCALC	Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE)	Países Bajos
EQUITY	Centre Scientifique et Technique du Batiment	Francia
LCA-HOUSE	VTT- Building Technology	Finlandia
LEGEP	Universität Karlsruhe	Alemania
LISA	BHP Billiton Limited	Australia
LTE-OGIP	CRB (Swiss Research Centre for Rationalization in Building and Civil Engineering)	Alemania
PAPOOSE	TRIBU	Francia

3. SOFTWARE BEES V.04

3.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) y el programa de Edificios Sostenibles y Saludable comenzaron el proyecto Sostenibilidad medioambiental y económica de edificios (BEES) en 1994, en los Estados Unidos. En 2010, el programa está en su cuarta versión, fruto de varios años de investigaciones, de añadir nuevos productos y de buscar mejoras, se sigue trabajando para una nueva versión.

Está disponible en internet gratuitamente y su amplitud y facilidad de manejo hacen que sea una herramienta muy importante para la evaluación de los impactos medioambientales.

BEES está basado en la norma de consenso ISO 14040:2006, donde se analizan todas las fases del ciclo de vida de un producto: la adquisición de materia prima, fabricación, transporte, instalación, uso y gestión de residuos. El desempeño económico se mide utilizando el método de Coste del Ciclo de Vida (CCV) del estándar ASTM, que cubre los costes de: inversión inicial, renovación, operación, mantenimiento o reparación y eliminación.

El propósito de BEES es desarrollar e implementar una metodología sistemática para la selección de productos de construcción que logre el más adecuado equilibrio entre el desempeño ambiental y el económico basado en valores marcados por decisiones.

A continuación se explica la base del programa, es decir, de donde salen los datos que aporta el programa, el método de evaluación de impactos utilizado, fórmulas, índices, etc, así como otros datos que han sido extraídos del manual del programa.

El objetivo final es contribuir a una reducción del coste, considerando los impactos ambientales durante el ciclo de vida de los productos.

3.2. HISTÓRICO

En 1994, BEES fue desarrollado por el Programa de Construcción Verde del NIST.

En 1997, la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA) con el Programa de Compras Ecológicamente Preferibles (EPP) empezó a apoyar el desarrollo del BEES, un número determinado de años.

El programa EPP se encarga de llevar a cabo la orden ejecutiva 13423, "Fortalecimiento del Medioambiente Federal, Energía, Transporte y Gestión ", que dirigen las agencias ejecutivas



para reducir las cargas ambientales asociadas a los 230 billones de dólares en productos y servicios que compran cada año, incluidos los productos de construcción.

En 2002, la oficina del director económico del departamento de agricultura de los EE.UU y la oficina de políticas energéticas y nuevos usos, comenzó a apoyar el desarrollo de los resultados BEES para productos de base biológica.

La Ley Agrícola de 2002 autorizó la creación de un programa, conocido como BioPreferred, para compras federales que adjudica preferencias para productos de base biológica, que definió como productos comerciales o industriales (distintos de los alimentos o piensos) compuestos en su totalidad o en parte significativa por productos biológicos, materiales forestales, o renovables, materiales agrícolas internos, incluyendo plantas, animales, o materiales marinos.

En 2007 fue lanzada la actual versión del programa, el BEES 4.0 con algunas actualizaciones en relación a la versión anterior, siendo las más significativas, el aumento de su base de datos y la creación de una nueva opción de los porcentajes ambientales, llamada el Panel de Interesados de BEES en lugar de los porcentajes hechas por la Universidad de Harvard de la versión anterior.

3.3. MODELO BEES

La metodología BEES adopta un enfoque multidimensional, es decir, se consideran los múltiples impactos ambientales y económicos durante toda la vida del producto. Considerando múltiples impactos y etapas del ciclo de vida, necesarios porque la selección de productos basados en impactos individuales o etapas, podrían ocultar otras que pudieran causar daños iguales o mayores.

Es relativamente sencillo seleccionar los productos basados en el mínimo impacto del coste del ciclo de vida, porque los productos de construcción se compran y venden en el mercado. Pero, es más difícil incluir los impactos ambientales del ciclo de vida en las decisiones de compra, sus costes no se reflejan en los precios de mercado de los productos que generan los impactos. Los economistas han debatido estas cuestiones durante décadas, y el consenso no parece que sea probable. Mientras que el desempeño ambiental no puede ser medido en una escala monetaria, se puede cuantificar con el análisis del ciclo de vida (ACV).

La metodología BEES mide el desempeño ambiental, utilizando el ACV, siguiendo como guía la ISO-14040 para el ACV.

El desempeño económico se mide por separado utilizando el estándar ASTM de coste del ciclo de vida (CCV).

Estos dos desempeños luego se sintetizan en uno que mide el desempeño global con la norma ASTM para el Análisis de Decisión Multiatributo. Para el análisis de BEES, todos los productos de construcción se definen y clasifican sobre la base de UNIFORMAT II, la clasificación estándar ASTM para elementos de construcción.

3.4. OBJETIVOS DEL SOFTWARE

El objetivo del ACV de BEES es la generación de resultados del desempeño ambiental para las alternativas de los productos de construcción vendidos en los Estados Unidos. Estos se combinarán con resultados del desempeño económico, ayudando a que el sector de la construcción seleccione de forma rentable los productos de construcción ambientalmente preferidos.

La fase de alcance de cualquier ACV consiste en definir los límites del estudio. La fabricación de cualquier producto supone una serie de procesos unitarios. Cada proceso unitario implica muchos flujos de inventario, algunos de los cuales participan en otros procesos unitarios subsidiarios. En primer lugar, los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se incluyen en el ACV. En el sistema BEES, la norma consiste en establecer límites de un conjunto de tres criterios de decisión. Para cada proceso unitario candidato, la masa y la contribución energética al producto son criterios de decisión primaria.

La contribución de los costes se utiliza como el tercer criterio¹ de decisión. En conjunto, estos criterios proporcionan un proceso de selección exhaustivo, según se ilustra en la Figura 3.1, que muestra cómo cinco materiales auxiliares (por ejemplo, la piedra caliza utilizada en la fabricación de cemento portland) son seleccionados de una lista de nueve materiales candidatos para su inclusión en el ACV. Un material debe tener una contribución alta, en al menos un criterio de decisión para ser seleccionado. Los materiales seleccionados con criterio de peso: A, B y C, el criterio de la energía se añade el material: E, y el de menor coste de material: H. Como resultado de ello, los procesos unitarios para la producción de materiales auxiliares A, B, C, E y H se incluyen en los límites del sistema.

¹ Si bien una gran contribución en coste no indica directamente un impacto medioambiental significativo, puede indicar recursos naturales escasos o numerosos procesos unitarios subsidiarios que podrían aplicarse a un elevado consumo energético.

En la Tabla 3.1 se muestra como los materiales auxiliares de un material de construcción, han de tener una contribución, en alguno de los criterios de decisión que ha tomado BEES, (masa, energía y coste), para que sean considerados dentro del ACV.

Por ejemplo si el material a analizar fuese hormigón armado, podemos tomar que el material auxiliar A es el acero, el material B es el cemento portland, el material C es el árido grueso, el material D es el agua, el E es el árido fino, el material F es la caliza, el G es humo de sílice y el material H es cenizas volantes; por lo que para el ACV se consideran sólo los materiales que tienen una alta contribución (con alguna casilla en rojo), es decir los materiales A,B,C,E y H.

Tabla 3.1: Ejemplo de cómo funcionan los criterios de decisión para el establecimiento de límites en los productos del sistema

MATERIAL AUXILIAR	PESO	ENERGÍA	COSTE	LIMITES INCLUIDOS EN EL SISTEMA
A				SI
B				SI
C				SI
D				NO
E				SI
F				NO
G				NO
H				SI

Contribución despreciable	
Contribución pequeña	
Contribución alta	

En segundo lugar, los límites del sistema determinan que flujos de inventario son rastreados sin límites en los procesos unitarios. La cuantificación de todos los flujos de inventario no es práctica por las siguientes razones:

1. Cada vez un número mayor de flujos de inventario se pueden seguir. La gestión de grandes listas de flujo de inventario se suman a la complejidad, y por lo tanto al coste, de la implementación e interpretación del ACV.

2. Se debe prestar atención en la etapa de análisis de inventario del ciclo de vida (ICV) para recopilar los datos que serán utilizados en el siguiente paso del ACV, evaluación del impacto (EICV). Al limitar la recogida de datos de inventario a los flujos actuales necesitados en el análisis del impacto, se centra a uno, consiguiendo una mayor calidad en el ACV.

Otra tarea importante del objetivo y el alcance del ACV es definir la unidad de comparación. La base para todas las unidades de comparación es la unidad funcional, que se define de manera que los productos comparados son sustituibles entre sí.

En el modelo BEES, la unidad funcional de la mayoría de los productos de construcción es de 0,09 m², (1 ft², medida americana) de servicio del producto por 50 años. A continuación se exponen las categorías de productos BEES y sus unidades funcionales:

- Cubiertas: Superficie de la cubierta de 9,29 m² (100 ft²) durante 50 años.
- Vigas de hormigón y Pilares: 0,76 m³ (1 yd³) del servicio técnico para 50 años.
- Sillas de oficina: Sentándose 1 persona durante 50 años.
- Adhesivo y Masilla: Extracción de 9,29 m² (100 ft²) de masilla para vinilo o suelos similares de más de 50 años.
- Selladores exteriores y Recubrimientos: recubrimiento o sellado de 9,29 m² (100 ft²) de superficie exterior más de 50 años.
- Aceite transformado: refrigeramiento para unos 1.000 KV, para un transformador de 30 años.
- Abono: Fertilización de 0,40 ha (1 acre=40,47 áreas) por 10 años.
- Limpiadores de alfombras: Limpieza de alfombra de 92,9 m² (1.000 ft²) una vez.
- Extractor del piso: Extracción de tres capas de masilla y una capa de sellador de 9,29 m² (100 ft²) de pisos de madera, para ser usado una vez.
- Control de polvo en carreteras de: El control del polvo de 92,9 m² (1.000 ft²) de superficie, para ser usado una vez.
- Limpieza de Baños y Azulejos: El uso de 3,8 L (1 gal) listo para ser usado una vez.

- Limpiacristales: El uso de 3,785 m³ (1.000 gal) listo para ser usado una vez ¹
- Eliminador de la grasa y de Graffitis: El uso de 3,8 L (1 galón) de eliminador de grasa y de graffiti, para ser usado una vez.

Para la realización de los casos de estudio, las unidades funcionales serán las del sistema internacional, por lo que todos los datos de las fichas de los materiales de la base de datos BEES, se han convertido al mismo.

Para las cubiertas, los aislamientos de paredes y el revestimiento exterior, las unidades funcionales podrán ser más específicas, para tener en cuenta factores importantes que afectan a su influencia en la creación de cargas de climatización. De lo contrario, todas las alternativas de productos se supone que cumplen con los requisitos técnicos mínimos de rendimiento (por ejemplo, acústico y resistencia al fuego). La unidad funcional es el punto de referencia crítico a la que todos los flujos de inventario se escalan.

Los datos necesarios para el estudio BEES incluyen:

- Cobertura geográfica: Los datos son datos promedio de EE.UU.
- El tiempo de cobertura de las actividades: Los datos son una combinación de los datos recopilados específicamente para BEES 4.0 en los años 2005 y 2006, y los datos nuevos y revisados de la base de datos LCI de EE.UU., desarrollados usando una investigación común, consistente en el protocolo ISO 14040.
- La cobertura de la tecnología: la tecnología más representativa es evaluada para los productos genéricos. Cuando los datos de la tecnología más representativa no están disponibles, un resultado agregado se desarrolla basándose en la tecnología promedio de esa industria en EE.UU.

3.5. BASE DE DATOS

BEES utiliza el ACV de los productos para la obtención de los datos, que se hace de la siguiente forma, para los productos genéricos, las suposiciones en cuanto a los procesos unitarios asociados fueron verificados por expertos de las industrias, para asegurar que los datos incorporados en BEES sean correctos.

¹ Es poco realista suponer la necesidad de una cantidad tan grande en un momento dado, esta cantidad se utiliza porque así los impactos ambientales del producto son suficientemente grandes como para ser utilizados en los resultados del BEES.

Para productos específicos, la oficina de gestión y presupuesto de EE.UU. aprobó *BEES PLEASE*, un cuestionario que se completa por los fabricantes para recopilar los datos de inventario de sus industrias; estos datos se validan y luego los datos asociados, se añaden para obtener inventarios de la cuna a la tumba.

BEES es un programa en constante mejora, por eso se ha creado *BEES PLEASE*, para fomentar la colaboración con los fabricantes de materiales de construcción y así incluirlos en próximas versiones, para que BEES realice el primer ACV a la empresa se tendrá que realizar un pago de 8.000 dólares y para cada producto adicional 4.000 dólares.

BEES utiliza tres bases de datos para la realización del ACV de los productos que serán añadidos al programa, de las cuales se obtiene casi toda la información que necesita el programa, y son: la base de datos LCI de los EE.UU., el programa informático SimaPro de los Países Bajos (Europa) y CORRIM de EE.UU.

La base de datos LCI (Life Cycle Inventory) se inició en 2001, cuando el Departamento de Energía de EE.UU. (DOE) dirigió el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) y el Instituto Athena para explorar el desarrollo de una base de datos pública nacional a disposición del público desde 2003. El proyecto LCI necesita que se sigan desarrollando y ampliado sus datos para satisfacer las nuevas demandas.

El objetivo principal de la base de datos LCI es proporcionar una amplia fuente de datos, transparente, de alta calidad y cuyos datos son compatibles con las normas internacionales y revisadas de forma crítica. La base de datos tiene que ser lo suficientemente grande como para proporcionar datos al ICV para los procesos unitarios de la mayoría de las fuentes de energía, el transporte, los procesos de transformación y los materiales. SimaPro es un programa informático creado en los Países Bajos, que BEES utiliza para conseguir los datos referentes a productos que son fabricados en Europa y transportados a los EE.UU., tanto para productos finalizados como para materiales que entrarán en el proceso de industrialización. Como por ejemplo, la producción de fertilizantes o los componentes de la fibra de vidrio.

El Consorcio para la Investigación sobre Materiales Industriales Renovables (CORRIM) tiene por objeto establecer, apoyar y gestionar programas de investigación y educación relativa a los materiales industriales renovables y se ha centrado en el impacto ambiental de la producción, uso y disposición de la madera y otros materiales de origen biológico. Es una base de datos que evalúa el comportamiento medioambiental de la madera y materiales. Como los datos aportados a BEES sobre los tableros de fibra orientada o los datos de la madera contrachapada.

Otras fuentes de información para BEES con menor repercusión son: El instituto americano del hierro y del acero (AISI) y el instituto internacional de hierro y acero (IISI), Consejo Americano de Química, Federación Europea de los fabricantes de cartón ondulado (FEFCO), Asociación de fabricantes de plásticos de Europa, Departamento de Agricultura de EE.UU, BioPreferred, Asociación de fabricantes de cubiertas asfálticas (ARMA), entre otras.

3.6. PRODUCTOS CON BASES BIOLÓGICAS

BioPreferred fue creado por el Consejo de Seguridad Agrícola e Inversión Rural con la Ley Agrícola de 2002, y ampliado por la Ley de Alimentos, Conservación y Energía de 2008, para aumentar la compra y utilización de productos biológicos. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos administra el programa, que incluye un programa de adquisición preferente para las agencias federales y sus contratistas, y un programa voluntario de etiquetado. En el marco de las adquisiciones preferentes, BioPreferred designa elementos o grupos genéricos de productos de base biológica, que se requieren comprar por las agencias federales y sus contratistas.

Como parte de este proceso, en la web de BioPreferred se especifica el contenido mínimo de base biológica y toda la información sobre las técnicas de salud y las características ambientales de estos productos. A partir de 2009, los ingredientes biológicos intermedios y materias primas se incluyen en el proceso de designación.

Los productos de base biológica se definen como productos comerciales o industriales (distintos de los alimentos o piensos) compuestos en su totalidad o en parte significativa de productos biológicos, materiales forestales, renovables o materiales agrícolas internos, incluyendo plantas, animales, o materiales marinos.

El programa BioPreferred tiene por objeto aumentar la compra y utilización de productos renovables o de base biológica. El programa BioPreferred ofrece tres beneficios principales: reducción del impacto del cambio climático mediante la energía, la seguridad ambiental y el desarrollo económico.

Para hacer frente a las preguntas del rendimiento medioambiental y costes, los productos candidatos de base biológica son requeridos por la ley federal para ser evaluados por BEES. Los productos de construcción de base biológica evaluados por BioPreferred se incluyen en BEES 4, con el permiso de sus fabricantes.

3.7. ANÁLISIS DEL IMPACTO

3.7.1. METODOLOGÍAS

Existen actualmente varios métodos para la evaluación de impactos, entre ellos:

- 3.7.1.1. Uso directo de los inventarios.** Es el método más directo hacia el ACV, el paso de la evaluación de impacto se omite, y los resultados del inventario del ciclo de vida se utilizan como está en el paso de la interpretación final para ayudar a identificar oportunidades, para la prevención de la contaminación o el aumento de materia y la eficiencia de la energía en los procesos dentro del ciclo de vida. Sin embargo, esta propuesta da el mismo valor a todos los flujos de inventario. Para la mayoría de los impactos, el mismo valor de los flujos no es realista.
- 3.7.1.2. Volúmenes críticos.** Se proponen cargas ponderadas y la agregación de datos de flujos de inventario. Esta propuesta no considera el destino y la exposición; además que el riesgo residual sea el mismo para todas las sustancias, no se sostiene. Los valores de los límites legales sólo están disponibles para ciertos productos químicos y contaminantes.
- 3.7.1.3. La escasez ecológica.** Una propuesta más general ha sido desarrollada en Suiza, los Eco-Puntos, que se calculan para un producto. Los Eco-Puntos para todos los flujos de inventario se suman para dar uno único, medida final del impacto. Los inconvenientes son: que es válido sólo para un área geográfica, el supuesto subyacente de que el riesgo residual sea el mismo para todas las sustancias, no se sostiene y el cálculo científico de los impactos se combina con juicios políticos y subjetivos o de valoración.
- 3.7.1.4. Prioridades ambientales del sistema.** Se necesita una propuesta económica para evaluar los impactos ambientales. La base para la evaluación es la unidad de carga ambiental, que corresponde a la disposición a pagar un euro. El resultado final del sistema es un número único que resume todos los impactos ambientales. El método combina los índices de los efectos ecológicos, sociológicos y económicos para dar un índice de efecto total para cada flujo. El índice de efecto total se multiplica por la cantidad de flujo para dar la "carga unitaria medioambiental". De este método se critica su falta de transparencia y la cantidad y calidad del modelo que inspira los supuestos.
- 3.7.1.5. Eco-Indicador 99.** Este método se propone para el análisis de impacto del ciclo de vida, ha sido desarrollado por PréConsultants.
Los Eco-Indicadores son números que expresan el impacto ambiental total de un sistema del producto; cuanto más grande es el indicador, mayor es el impacto ambiental. Se calculan con la introducción de coeficientes de ponderación para

cada proceso y material. Su aplicación en los ACV arroja un valor representativo del impacto ambiental asociado al sistema en estudio.

El Eco-Indicador 99 introduce un nuevo concepto para el modelo de daños, contempla valores representativos para toda Europa, hace un manejo más claro de las incertidumbres e introduce la Teoría Cultural con la intención de proporcionar un carácter científico a los juicios de valor.

El Eco-Indicador 99 introduce modelos de daños diferentes para cada categoría de impacto evaluada, lo que permite una mejor caracterización de los impactos asociados.

3.7.1.6. Problemas ambientales. Método desarrollado por la SETAC. Lo que implica un proceso de dos pasos:

1. Clasificación de los flujos de inventario que contribuyen a impactos ambientales específicos.
2. Caracterización de la contribución potencial de cada flujo de inventario clasificado en el impacto ambiental correspondiente.

Estos resultados dan un conjunto de índices, uno para cada impacto, que se obtiene mediante la ponderación de cada flujo de inventario clasificado por su contribución relativa al impacto.

Este método no ofrece el mismo grado de relevancia para todos los impactos ambientales. Para los efectos globales y regionales, puede dar lugar a una descripción precisa del impacto potencial, para efectos dependientes de las condiciones locales puede resultar una simplificación de los impactos reales porque los índices no se adaptan a las localidades. Otro inconveniente es la clara importancia medioambiental de los impactos, haciendo la posterior ponderación, un paso difícil.

El modelo BEES utiliza la propuesta de los Problemas Ambientales siempre que sea posible, puesto que goza de cierto consenso general entre los científicos profesionales del ACV.

3.7.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

El programa utiliza doce impactos ambientales fundamentales para evaluar el desempeño ambiental, generando una puntuación para cada flujo de cada impacto, los factores permiten el cálculo de un índice único para cada potencial impacto.

Si bien hay muchos tipos de impactos ambientales que afectan al medio ambiente, se van a describir los potenciales impactos ambientales que están relacionados con la construcción y más concretamente los que utiliza el programa BEES.

Los factores de caracterización de cada uno de los impactos ambientales están sacados de la Agencia de Protección Ambiental de 2003, TRACI de U.S.

3.7.2.1. Calentamiento Global

Los Potenciales del Calentamiento Global, o GWPs, se han desarrollado para caracterizar el cambio en el efecto invernadero debido a las emisiones y absorciones atribuibles a los seres humanos. El ACV comúnmente usa estos GWPs representando un horizonte temporal de 100 años. GWPs permiten el cómputo de un solo índice, expresado en gramos de dióxido de carbono por unidad funcional de producto, que mide la cantidad de dióxido de carbono con el mismo potencial de calentamiento global más de 100 años:

$$\text{Índice de Calentamiento Global} = \sum i \text{ mi} \times \text{GWPi} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

mi = masa en gr. de flujo de inventario i

GWPi = gramos de dióxido de carbono con el mismo calor potencial de captura, de más de 100 años como un gramo de flujo de inventario i, que se enumeran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Factores de caracterización del calentamiento global

FLUJO (i)	GWPi (Emisiones de CO ₂ equivalentes)
Dióxido de carbono (CO ₂ neto)	1
Tetracloruro de carbono (CCl ₄)	1.800
Tetrafloruro de carbono (CF ₄)	5.700
CFC 12 (CCl ₂ F ₂)	10.600
Cloroformo (CHCl ₃ , HC-20)	30
Halón 1301 (CF ₃ Br)	6.900
HCFC 22 (CHF ₂ Cl)	1.700
Metano (CH ₄)	23
Bromuro de Metilo (CH ₃ Br)	5
Cloruro de metilo (CH ₃ Cl)	16
Cloruro de metileno (CH ₂ Cl ₂ , HC-130)	10
Óxido nitroso (N ₂ O)	296
Tricloroetano (1,1,1-CH ₃ CCl ₃)	140

3.7.2.2. Acidificación

Los factores potenciales de caracterización para la deposición del ácido en los suelos y en el agua, se han desarrollado con iones de hidrógeno como sustancia de referencia. Estos factores permiten el cálculo de un índice único para la potencial acidificación (en gr. de iones de hidrógeno por unidad funcional de producto), representando la cantidad de emisiones de iones de hidrógeno con el mismo potencial de acidificación en vigor:

$$\text{Índice de acidificación} = \sum i m_i * A_{pi} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

m_i = masa en gr. de flujo de inventario i

A_{pi} = miligramos de iones de hidrógeno con el mismo efecto potencial de acidificación a un gramo del flujo de inventario i , que se enumeran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Factores de caracterización de la acidificación

FLUJO (i)	A_{pi} (Emisiones de Iones de Hidrógeno equivalentes)
Amoníaco (NH_3)	95,49
Cloruro de hidrógeno (HCl)	44,70
Cianuro de hidrógeno (HCN)	60,40
Fluoruro de hidrógeno (HF)	81,26
Sulfuro de hidrógeno (H_2S)	95,90
Óxidos de Nitrógeno (NO_x como NO_2)	40,04
Óxidos de Azufre (SO_x como SO_2)	50,79
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	33,30

3.7.2.3. Eutrofización

Los factores potenciales de caracterización de la eutrofización han sido desarrollados, con el nitrógeno como sustancia de referencia. Estos factores permiten el cálculo de un índice único para la potencial eutrofización (en gr. de nitrógeno por unidad funcional de producto), representando la cantidad de nitrógeno con el mismo efecto nutriente potencial:

$$\text{Índice de eutrofización} = \sum i m_i x E_{Pi} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

m_i = masa en gr. de flujo de inventario i

E_{Pi} = gramos de nitrógeno con el mismo efecto nutriente potencial como un gramo de flujo de inventario i , que se enumeran en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4: Factores de caracterización de la eutrofización

FLUJO (i)	EPI (Emisiones de Nitrógeno equivalentes)
Amoníaco (NH ₃)	0,12
Óxidos de nitrógeno (NO _x como NO ₂)	0,04
Óxido nitroso (N ₂ O)	0,09
Fósforo a la atmósfera (P)	1,12
Amoníaco (NH ₄ ⁺ , NH ₃ , como N)	0,99
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	0,05
COD (Demanda química de oxígeno)	0,05
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0,24
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,32
Materia nitrogenada (no se especifica, como N)	0,99
Fosfatos (PO ₄ ³⁻ , HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ , H ₃ PO ₄ , como P)	7,29
Fósforo al agua (P)	7,29

3.7.2.4. Agotamiento de los combustibles fósiles

Es importante reconocer que este impacto en BEES, sólo aborda el aspecto del agotamiento de la extracción de los combustibles fósiles, no el hecho de que la extracción en sí, puede generar impactos. Los impactos de extracción como las emisiones de metano de las minas de carbón, se abordan en otros impactos, tales como el calentamiento global.

El agotamiento de combustibles fósiles está incluido en el TRACI, un conjunto de métodos de evaluación de impacto, aprobado por BEES.

Para evaluar el agotamiento de los combustibles fósiles, TRACI sigue la propuesta desarrollada por el método Eco-Indicador 99, que mide cómo la cantidad de energía requerida para extraer una unidad de energía, para consumir los cambios en relación al tiempo.

Los factores de caracterización han sido desarrollados para permitir el cálculo de un índice único para el potencial agotamiento de los combustibles fósiles en exceso de megajulios (MJ) por unidad de producto funcional y evaluar las necesidades de energía excedente del consumo de combustibles fósiles:

$$\text{Índice de agotamiento de combustibles fósiles} = \sum i \text{ ci} \times \text{FPI} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

ci = Consumo de combustible fósil i (Kg)

FPI = MJ requisito de entrada por cada kilogramo de aumento de consumo de combustibles fósiles i, según la figuran en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5: Factores de caracterización en el agotamiento de combustibles fósiles

FLUJO (i)	FPI (Exceso de MJ / Kg)
Carbón (en tierra)	0,25
Gas Natural (en tierra)	7,80
Petróleo (en tierra)	6,12

3.7.2.5. Calidad del aire interior

La calidad del aire interior se determina para los materiales de construcción siguientes: solados, acabados de paredes interiores, sillas, productos de limpieza para alfombras, limpiacristales, limpiadores de sanitarios y azulejos, extractor de suelo, de adhesivo y masilla. Reconociendo las limitaciones inherentes al uso de los COV totales para evaluar la calidad del aire interior, las estimaciones del total de las emisiones de los COV se utilizan como una medida de valor. El total de las emisiones de los COV más un “número inicial h” se multiplica por el número de intervenciones más el período de uso de la categoría del producto los “h iniciales”, (para dar cuenta de la posibilidad de sustituciones del producto), para obtener una estimación del total de las emisiones de los COV por unidad funcional del producto. El resultado se introduce en el inventario del ciclo de vida del producto, y se utiliza directamente para evaluar el impacto de la calidad del aire interior. La justificación de esta propuesta particular es que las emisiones de los COV se encuentran en circulación durante un período limitado de tiempo después de la puesta en obra. A mayor colocación del material, mayor será el impacto de la calidad del aire interior.

La calidad del aire interior se analiza en el contexto de los productos de revestimientos y de los aislamientos. Los productos de revestimientos de madera, son preocupantes por sus emisiones de formaldehído. El formaldehído se cree que afecta a la salud humana, especialmente a las personas con sensibilidad química. Los productos compuestos de madera con adhesivos de urea-formaldehído tienen mayores emisiones de formaldehídos que los que utilizan resinas fenólicas, los productos compuestos de madera tienen diferentes niveles de emisiones.

La calidad del aire interior es también un problema para los aislamientos. Los principales problemas son los impactos de las fibras en la salud, los productos químicos peligrosos y las partículas liberadas por algunos aislamientos. Como resultado de carcinógeno "posible" del listado realizado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el cáncer, los productos

de fibra de vidrio están obligados a tener etiquetas de advertencia de cáncer. Para los productos de celulosa, se afirma que los productos químicos retardantes de fuego y las partículas respirables son peligrosos para la salud humana. La lana de roca a veces emite fibras y productos químicos que podrían ser irritantes para la salud. Para todos estos productos, sin embargo, hay poco o ningún riesgo para la salud de los ocupantes del edificio, si están instalados conforme con las recomendaciones de los fabricantes.

Debido a las limitaciones de la ciencia del aire interior, las puntuaciones del desempeño del aire interior en BEES se basan en la heurística.

3.7.2.6. Alteración del hábitat

Los factores de caracterización se han desarrollado permitiendo el cálculo de un índice único para la alteración del hábitat potencial, expresado en especies T & E por unidad funcional de producto:

$$\text{Índice de alteración del hábitat} = \sum_i a_i \times \text{TED} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

a_i = superficie (en m^2 alterados) del flujo del uso del suelo i ,

TED = Densidad de las especies T & E de EE.UU. (Especies T & por m^2) que se enumeran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Factores de caracterización de la alteración del hábitat

FLUJO (i)	TED (suma T& E / m^2)
Uso de la Tierra (Residuos de su puesta en obra)	6.06E-10
Uso de la Tierra (Residuos de sustitución)	6.06E-10
Uso de la Tierra (Residuos al final de su período)	6.06E-10

3.7.2.7. Consumo de agua

Es importante reconocer que este impacto sólo aborda el agotamiento del consumo de agua, no las actividades que pueden generar la contaminación del agua, como la producción agrícola y fabricación de los productos.

Los impactos de la contaminación del agua, como el nitrógeno debido al escurrimiento de la producción agrícola, se abordan en otros impactos, como la eutrofización.

El consumo de agua desde la cuna hasta la tumba se registra en BEES en el inventario del ciclo de vida, de cada producto (en litros por unidad funcional), y se utiliza directamente para evaluar esos efectos.

3.7.2.8. Polución atmosférica

Los factores de caracterización permiten el cálculo de un índice único para la polución atmosférica, con los años de vida ajustados por discapacidad (DALYs) como medida común:

$$\text{Índice de la polución del aire} = \sum i \text{ mi} \times \text{CPI} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

mi = masa en gr. de flujo de inventario i

CPI = microDALYs por gramo de flujo de inventario i, que se enumeran en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Factores de caracterización de la polución atmosférica

FLUJO (i)	CPI (microDALYs/gr.)
Óxido de Nitrógeno (NO _x como NO ₂)	0.002
Partículas (>PM10)	0.046
Partículas (<=PM 10)	0.083
Partículas (sin especificar)	0.046
Óxidos de Azufre (SO _x como SO ₂)	0.014

3.7.2.9. Salud humana

Los desarrolladores TRACI han calculado la Equivalencia de los Potenciales Tóxicos (TEPs), que son factores de caracterización que miden la inquietud relativa de la salud, por varios productos químicos desde la perspectiva de un individuo genérico en los Estados Unidos.

Para los efectos del cáncer, los TEPs se expresan en términos de equivalencias de benceno, mientras que para efectos no cancerígenos se expresan en equivalentes de tolueno. Sin embargo, BEES requiere una medida combinada de cáncer y los distintos efectos del cáncer en la salud, por lo que el equipo de revisión por pares BEES 2.0 sugirió que los niveles del umbral para el tolueno y el benceno se obtuvieran a partir de los TEPs de TRACI y se le dará la misma importancia al cáncer como a los efectos no cancerígenos.

Los umbrales se obtuvieron y usaron para desarrollar una relación de conversión de equivalentes de benceno a equivalentes de tolueno (21.000 kg de tolueno/ kg de benceno)

Los factores de caracterización "extendidos" TRACI permiten calcular un índice único para efectos potenciales en la salud humana (en gr. de tolueno por unidad funcional de producto), lo que representa la cantidad de tolueno con los mismos efectos potenciales sobre la salud humana:

$$\text{Índice de salud humana} = \sum i m_i \times \text{HPI} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

m_i = masa en gr. de flujo de inventario i

HPI =gramos de tolueno con los mismos efectos potenciales sobre la salud humana como un gramo de inventario de flujo i .

Hay más de 200 flujos incluidos en BEES para la evaluación de impactos en la salud humana. Una toma de muestras de los más importantes de estos flujos y sus factores de caracterización se presentan en la Tabla 3.8, en orden descendente de equivalentes de tolueno.¹

Los flujos de aire son precedidos por la designación "(a)" y los flujos de agua con la denominación "(w)"

¹ Equivalentes de benceno se han convertido a equivalentes de tolueno.

Tabla 3.8: Factores de caracterización de toma de muestras de la salud humana

FLUJO (i)	SPi (Equivalentes de Tolueno)
Cáncer - (a) Dioxinas (sin especificar)	38.292.661.685.580
No cancerígeno - (a) Dioxinas (sin especificar)	2.286.396.218.965
Cáncer - (a) Amina Diethanol (C ₄ H ₁₁ O ₂ N)	2.532.000.000
Cáncer - (a) Arsénico (As)	69.948.708
Cáncer - (a) Benzo Cáncer - (a) Pireno (C ₂₀ H ₁₂)	34.210.977
No cancerígeno - (a) Mercurio (Hg)	19.255.160
No cancerígeno - (w) Mercurio (Hg ⁺ , Hg ⁺⁺)	18.917.511
Cáncer - (a) Tetracloruro de carbono (CCl ₄)	17.344.285
Cáncer - (w) Arsénico (AS ³⁺ , AS ⁵⁺)	17.210.446
Cáncer - (w) Tetracloruro de carbono (CCl ₄)	16.483.833
Cáncer - (a) Benzo (k) Fluoranteno	12.333.565
Cáncer - (w) Hexacloroetano (C ₂ Cl ₆)	8.415.642
Cáncer - (w) Fenol (C ₆ H ₅ OH)	8.018.000
No cancerígeno - (a) Cadmio (Cd)	4.950.421
Cáncer - (a) Tricloropropano (1,2,3-C ₂ H ₅ Cl ₃)	3.587.000
Cáncer - (a) Cromo (Cr III, Cr VI)	3.530.974
Cáncer - (a) Sulfato de dimetilo (C ₂ H ₆ O ₄ S)	2.976.375
Cáncer - (a) Cadmio (Cd)	1.759.294
Cáncer - (a) Indeno (1,2,3, c, d) Pireno	1.730.811
No cancerígeno - (a) Plomo (Pb)	1.501.293
Cáncer - (a) Dibenzo (a, h) Antraceno	1.419.586
Cáncer - (a) Benzo (b) Fluoranteno	1.356.632
Cáncer - (a) Benzo (bjk) Fluoranteno	1.356.632
Cáncer - (a) Plomo (Pb)	748.316
Cáncer - (a) Óxido de etileno (C ₂ H ₄ O)	650.701

3.7.2.10. Formación de somg

El impacto de formación de smog no cuenta con los COV que son liberados al exterior, por el contrario, en interiores los COV se evaluarán bajo el impacto de calidad del aire interior.

Los factores potenciales de caracterización para la formación del smog, tienen como sustancia de referencia, los óxidos de nitrógeno. Estos factores permiten el cálculo de un índice único para la formación de smog potencial (en gr. de óxido de nitrógeno por unidad funcional del producto), lo que representa la cantidad de óxidos de nitrógeno con el mismo potencial para la formación de smog:

$$\text{Índice smog} = \sum i \text{ mi} \times \text{SPi} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

mi = masa en gr. de flujo de inventario i

SPI =gramos de óxidos de nitrógeno con el mismo potencial para la formación de smog como un gramo del flujo de inventario i

Hay más de 100 flujos incluidos en la evaluación del smog en BEES. Una muestra de los más importantes de estos flujos y sus factores de caracterización se presentan en la Tabla 3.9, ordenados en orden decreciente, de los equivalentes de óxidos de nitrógeno.

Tabla 3.9: Factores de caracterización de muestreo de smog

FLUJO (i)	SPI (Equivalentes de Óxidos de Nitrógeno)
Furanos (C_4H_4O)	3,54
Butadieno ($1,3-CH_2CHCHCH_2$)	3,23
Propileno ($CH_3CH_2CH_3$)	3,07
Xileno (m- C_6H_4 (CH_3) ₂)	2,73
Buteno ($1-CH_3CH_2CHCH_2$)	2,66
Crotonaldehído (C_4H_6O)	2,49
Formaldehído (CH_2O)	2,25
Propionaldehído (CH_3CH_2CHO)	2,05
Acroleína (CH_2CHCHO)	1,99
Xileno (o- C_6H_4 (CH_3) ₂)	1,93
Xileno (C_6H_4 (CH_3) ₂)	1,92
Benceno trimetil ($1,2,4-C_6H_3$ (CH_3) ₃)	1,85
Acetaldehído (CH_3CHO)	1,79
Aldehídos (sin especificar)	1,79
Butiraldehído ($CH_3CH_2CH_2CHO$)	1,74
Isobutyraldehyde ((CH_3) ₂ CHCHO)	1,74
Glicol de etileno ($HOCH_2CH_2OH$)	1,40
Acenafteno ($C_{12}H_{10}$)	1,30
Acenaftileno ($C_{12}H_8$)	1,30
Hexanal ($C_6H_{12}O$)	1,25
Óxidos de Nitrógeno (NO_x como NO_2)	1,24
Éter Glicol (sin especificar)	1,11
Naftalina de metilo ($2-C_{11}H_{10}$)	1,10
Xileno (p- C_6H_4 (CH_3) ₂)	1,09
Tolueno ($C_6H_5CH_3$)	1,03

3.7.2.11. Agotamiento del ozono

Los factores potenciales de caracterización del agotamiento del ozono, tienen como sustancia de referencia el CFC-11. Estos factores permiten calcular un índice único para el agotamiento potencial del ozono (en gr. de CFC-11 por unidad funcional de producto), lo que representa la cantidad de CFC-11 con el mismo potencial para el agotamiento del ozono:

$$\text{Índice del agotamiento de la capa de ozono} = \sum i \text{ mi} \times OPI \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

m_i = masa en gr. de flujo de inventario i

O_{Pi} = gramos de CFC-11 con el potencial de agotamiento del ozono mismo que un gramo de flujo de inventario i , que se enumeran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Factores de caracterización del agotamiento del ozono

FLUJO (i)	O_{Pi} (Equivalentes deCFC-11)
Tetracloruro de carbono (CCl_4)	1,10
CFC 12 (CCl_2F_2)	1,00
Halón 1301 (CF_3Br)	10,00
HCFC 22 (CHF_2Cl)	0,06
Bromuro de Metilo (CH_3Br)	0,60
Tricloroetano (1,1,1- CH_3CCl_3)	0,10

3.7.2.12. Toxicidad ecológica

Los factores de caracterización para la toxicidad ecológica, con sustancias de referencia el 2,4-diclorofenoxiacético - ácido acético (2,4-D). Estos factores permiten el cálculo de un índice único para la toxicidad ecológica (en gr. de 2,4-D por unidad funcional del producto), representando la cantidad de 2,4-D con el mismo potencial de toxicidad ecológica:

$$\text{Índice de toxicidad ecológica} = \sum i m_i \times E_{Pi} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

m_i = masa en gr. de flujo de inventario i

E_{Pi} = gramos de 2,4-D con el mismo potencial de toxicidad ecológica que un gramo de inventario flujo i .

Hay más de 150 flujos incluidos en la evaluación de toxicidad ecológica de BEES. Un muestreo de los más importantes de estos flujos y sus factores de caracterización se presentan en la Tabla 3.11, en orden descendente de los equivalentes de 2,4-D.

Los flujos de aire son precedidos por la designación "(A)" y los flujos de agua con la denominación "(W)."

Tabla 3.11: Factores de caracterización de la toxicidad ecológica

FLUJO (i)	EPI (Equivalentes de 2,4-D)
(A) Dioxinas (No especificado)	2.486.822,73
(A) Mercurio (Hg)	118.758,09
(A) Benzo (g, h, i) perileno (C ₂₂ H ₁₂)	4.948,81
(A) Cadmio (Cd)	689,74
(A) Benzo (A) Antraceno	412,83
(A) Cromo (Cr VI)	203,67
(W) naftaleno (C ₁₀ H ₈)	179,80
(A) El vanadio (V)	130,37
(A) Benzo (A) pireno (C ₂₀ H ₁₂)	109,99
(A) Berilio (Be)	106,56
(A) Arsénico (As)	101,32
(A) de cobre (Cu)	89,46
(W) Vanadio (V ³⁺ , V ⁵⁺)	81,82
(A) Níquel (Ni)	64,34
(W) El mercurio (Hg +, Hg + +)	58,82
(A) Cobalto (Co)	49,45
(A) Selenio (Se)	35,07
(A) fluoranteno	29,47
(W) de cobre (Cu +, Cu + +)	26,93
(Un cromo) (Cr III, Cr VI)	24,54
(W) Cadmio (Cd + +)	22,79
(W) Formaldehído (CH ₂ O)	22,62
(A) Zinc (Zn)	18,89
(W) Berilio (Be)	16,55
(A) Plomo (Pb)	12,32

Los impactos ambientales no tienen la misma importancia, esta importancia además tiene mucho que ver con el lugar en el que nos encontramos para la realización del estudio, así pues los impactos se ponderarán. Los impactos en BEES se resumen mediante un porcentaje para cada categoría de impacto por su importancia relativa respecto a la función ambiental global, así cada impacto tendrá asignado un valor, que es el que se aplicará a los resultados, la suma de todos los valores asignados tendrá que ser de 100%, sino el programa dará un aviso de error. La configuración de los porcentajes la proporciona el usuario, pero para que resulte más fácil, el programa dispone de cuatro categorías, de las que se puede decir que tres de ellas son para uso americano, puesto que los estudios de los mismos se han realizado en este país:

- Definida por el usuario – Donde cada usuario puede elegir el peso que tendrá cada impacto.
- Pesos Iguales – Donde se representa la manera en que las personas valoran diversos aspectos del medio ambiente.

- Consejo asesor científico de la EPA – En 2000, el SAB elaboró unas listas con las importancias relativas de diversos impactos ambientales para ayudar a hacer la mejor asignación de los recursos. Los criterios utilizados para elaborar las listas fueron: la escala espacial de los efectos, la gravedad del peligro, el grado de exposición y la pena por estar equivocado. El SAB no considera como impactos el agotamiento de los combustibles fósiles y el consumo de agua. Para la ponderación, el agotamiento de combustibles fósiles y el consumo de agua se supone que son problemas de riesgo relativamente medio y bajo. Los porcentajes de esta categoría fueron realizados a través de la comparación por pares, donde los valores numéricos de comparación se asignan a cada posible par de impactos. Varias interpretaciones y supuestos fueron necesarios para trasladar los resultados de SAB a pesos numéricos para interpretar el análisis basadas en ACV. En el impacto Salud Humana, los efectos cancerosos y no cancerosos, están representados por un solo impacto.
- Panel de interesados de BEES – En 2006 el NIST reunió un panel de participantes voluntarios (siete fabricantes, siete usuarios y cinco expertos en ACV), diecinueve personas que adoptaron las agrupaciones que ASTM International emplea para el desarrollo de normas voluntarias, con el fin de promover el equilibrio y apoyar un proceso de consenso. El Dr. Forman dirigió el panel y ayudo al panel en la ponderación de las categorías de impacto en BEES a partir del proceso de comparación por pares. El panel ponderó que los impactos en el corto plazo estarían comprendidos entre 0 a 10 años, los de mediano plazo de 10 años a 100 años y los de largo plazo de más de 100 años. Fue comparado el valor de los flujos en un año en los EE.UU. para cada par de impactos que fue comparado, con respecto a sus contribuciones en el desempeño ambiental. Una vez que el panel comparó por pares los impactos para los tres horizontes temporales, sus juicios fueron sintetizados a través de estos. A todos los integrantes del panel se les asignó la misma importancia, mientras que los horizontes temporales de corto, mediano y largo plazo fueron asignados por el panel para llevar 24%, 31% y el 45%, respectivamente. Los efectos cancerosos y no cancerosos fueron juzgados por separado para permitir una evaluación mas precisa de estos dos componentes del impacto en la salud humana.

Tabla 3.12: Porcentajes de los impactos dependiendo de la categoría escogida

CATEGORÍAS	IMPACTOS AMBIENTALES											
	Calentamiento Global	Acidificación	Eutrofización	Agotamiento de los combustibles fósiles	Calidad del Aire Interior	Alteración del Hábitat	Consumo de agua	Polución Atmosférica	Smog	Toxicidad Ecológica	Potencial agotamiento del ozono	Salud Humana
Definido por el usuario (Por ejemplo)	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8
Pesos Iguales	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8
EPA basado en el estudio SAB	16	5	5	5	11	16	3	6	6	11	5	11
Panel de interesados de BEES	29	3	6	10	3	6	8	9	4	7	2	8+5

3.7.3. NORMALIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Una vez que los impactos se han caracterizado, los resultados de las medidas de categorías de los impactos se expresan en unidades que no proporcionales, el calentamiento global se expresa en equivalentes de dióxido de carbono, la acidificación en equivalente de iones de hidrógeno, la eutrofización en equivalentes de nitrógeno, y así sucesivamente.

A fin de ayudar en el paso de la Interpretación del ACV, las medidas de categorías son a menudo colocadas en la misma escala, normalizándolas. La EPA ha desarrollado la normalización de los datos correspondientes al método de conjunto de evaluación de impactos TRACI. Estos datos se utilizan en BEES para colocar los resultados de la evaluación de impacto en la misma escala.

Los datos, recogidos en la Tabla 3.12, estiman para cada impacto de su actuación su nivel en los EE.UU. Específicamente, los flujos de inventario contribuidos a cada impacto se han cuantificado y caracterizado en términos de flujos por año y per cápita de EE.UU.¹

¹ La alteración del hábitat se han cuantificado y caracterizado en términos de flujos de EE.UU. por 0,40 hectáreas (por acre) per cápita

Sumando todos los flujos de caracterización de cada impacto y a continuación los desempeños, miden el desempeño para la categoría de impactos de los Estados Unidos. Representan un " criterio de impacto " en EE.UU. con el cual evaluar la importancia de los impactos específicos del producto. La normalización se consigue dividiendo valores de impacto de productos específicos por los valores fijos de la escala de los EE.UU., dando una categoría de impacto medido que se ha colocado en el contexto de toda la actividad de EE.UU. que contribuye a este impacto.

Al colocar cada impacto de determinados productos en el contexto de las medidas de impacto asociadas a EE.UU., las medidas son reducidas a la misma escala, permitiendo la comparación entre los impactos.

Tabla 3.13: Valores de normalización BEES

IMPACTO	VALOR DE NORMALIZACIÓN
Calentamiento Global	25.582.640,09 g equivalentes de CO ₂ / año / cápita
Acidificación	7.800.200.000,00 mmol H + equivalentes / año / cápita
Eutrofización	19.214,20 g equivalentes de N / año / cápita
Agotamiento de combustibles fósiles	35.309,00 excedente de energía MJ / año / cápita
Calidad del aire interior	35.108,09 VOCs g / año / cápita
Alteración del Hábitat	0,00335 T & E suma / acre / cápita ^a
Consumo de agua	529.957,75 litros de agua / año / cápita
Criterios de contaminantes atmosféricos	19.200,00 microDALYs / año / cápita
Smog	151.500,03 g equivalentes de NO _x / año / cápita
Toxicidad ecológica	81.646,72 g equivalentes de 2,4-D / año / cápita
Agotamiento del ozono	340,19 g equivalentes de CFC-11 / año / cápita
Salud Humana	274.557.555,37 equivalentes g C ₇ H ₈ / año / cápita

^a un acre equivale a 0,40 hectáreas

Los impactos normalizados de BEES tienen implicaciones de gran alcance. En primer lugar, mediante la evaluación de impactos de un producto en relación con su importancia en un contexto más amplio; el producto que contribuye con un pequeño impacto no parece ser importante cuando, por comparación, los productos de la competencia contribuyen menos aún a ese impacto.

En segundo lugar, mientras que la cantidad seleccionada entre productos de construcción, se hace sin sentido dentro del mismo elemento de construcción, las puntuaciones de impactos normalizados se pueden comparar a través de elementos de construcción, si están en la primera escala reflejan las cantidades de producto que se utilizará en el análisis del edificio.

3.7.4. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La EPA y la Oficina de Investigación y Desarrollo han desarrollado TRACI (Herramienta para la evaluación y reducción de impactos químicos y otros impactos ambientales), que revisa de cerca el método de los impactos y el ACV que se ha adoptado para BEES 4.0. Nueve de los once impactos TRACI 1.0 siguen el enfoque de **Problemas Ambientales** y son: El potencial calentamiento global, la acidificación potencial, la eutrofización potencial, la alteración del hábitat, criterios contaminantes del aire, salud humana, la contaminación, el agotamiento del ozono, y la toxicidad ecológica. El agotamiento de combustibles fósiles sigue el método del **Eco-Indicador 99** y para el impacto undécimo, el consumo de agua, se evalúa en TRACI 1.0 mediante el uso del método del **Uso Directo de los Inventarios**. Para el duodécimo impacto, calidad del aire interior no está incluida en TRACI porque es algo único para el sector de la construcción. La calidad del aire interior se evalúa mediante la propuesta del **Uso Directo de Inventarios**.

Hay que tener en cuenta que algunos flujos caracterizados por TRACI no tenían coincidencias exactas en el software SimaPro de ACV, utilizado en BEES para elaborar inventarios de ciclo de vida. Cuando se encuentran discrepancias se realiza, un análisis significativo para evaluar los flujos que no coinciden. Flujos Proxy o factores de caracterización alternativos fueron desarrollados para los flujos que no coinciden y que son relevantes, y que son validados por TRACI.

3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

Medir el desempeño económico de los productos de construcción es más sencillo que medir el desempeño ambiental. Los datos económicos son publicados, se dispone fácilmente de ellos, y hay métodos estándares que están bien definidos para el análisis económico, como la norma ASTM. Los datos de los costes iniciales se recogen de la publicación R.S. Medios, *“Información de costes de construcción de edificios de 2007”*, y entrevistas a la industria del sector, mientras que los datos de los futuros costes se basan en datos publicados por la Investigación Whitestone en *“El coste de referencia en el mantenimiento y reparación de la construcción 2006-2007”* y entrevistas al sector.

El método más apropiado para medir los resultados económicos de productos de la construcción es el método del coste del ciclo de vida (CCV). BEES sigue el método estándar ASTM para el CCV.

Hay que distinguir entre el período temporal utilizado para medir el desempeño ambiental y el utilizado para medir el desempeño económico, puesto que son diferentes. En el ACV ambiental, el plazo comienza con la adquisición de materia prima y termina con la disposición final del producto. Para los resultados económicos, en cambio se evalúa durante un período determinado que comienza con la compra e instalación del producto y termina en algún momento en el futuro, que no se corresponde necesariamente con la disposición final del producto. El desempeño económico se evalúa así porque es cuando a la inversión realizada se le empieza a sacar rendimiento. El período de estudio económico termina en una fecha que está fijada en el futuro.

Para la sociedad, el período de duración es a menudo la alternativa de producto con la vida útil más larga. Sin embargo, cuando las alternativas tienen vidas muy largas (más de 50 años), un período de estudio económico más corto puede ser seleccionado por tres razones:

- Cuando la tecnología anticuada es un problema.
- Cuando los datos son demasiado inciertos.
- Cuanto más lejos en el futuro, menos importancia tienen los costes.

El método de la suma de los CCV durante el período de estudio, se realiza sobre todos los costes relevantes que se asocian a un producto. Así se puede comparar un producto y sus alternativas sobre las bases de sus CCV, para determinar cuál es el producto de menor coste para la función que han de cumplir durante el período de estudio. Los costes generalmente incluyen los costes de adquisición, colocación, operación, mantenimiento, reparación y reemplazo. Un elemento de coste negativo es un valor residual, que es el valor del producto que permanece al final del período de estudio.

El método de la suma de los CCV calcula el valor temporal del dinero mediante el uso de una tasa de descuento para convertir todos los costes futuros al valor actual equivalente, utilizando un algoritmo computacional específico. (Anexo A).

Los costes futuros deberán expresarse conforme a la tasa de descuento utilizada. Se pueden utilizar dos opciones:

- Una tasa real de descuento se puede utilizar con costes en constantes de dólares. Las tasas reales de descuento reflejan esa parte del valor del tiempo de dinero atribuible al poder real ganado de dinero en el tiempo y no a la inflación general de precios. Incluso si todos los costes futuros fuesen expresados en constantes de dólares constantes, deben ser descontados para reflejar esta parte del valor del tiempo del dinero.
- Una tasa de descuento de mercado se puede utilizar con cantidades de dólares actuales. Las tasas de descuento de los mercados reflejan el valor temporal del dinero procedente de las organizaciones.

El modelo BEES calcula los CCV usando contantes de dólares de 2006 y una tasa de descuento real.¹ BEES de forma predeterminada ofrece una tasa real del 3,0%, que fue la tasa de 2006 impuesta la Oficina de Gerencia y Presupuesto de EE.UU. para la mayoría de los proyectos federales.

El método de la suma de los CCV utiliza el valor temporal del dinero usando una tasa de descuento para convertir todos los costes futuros en equivalentes de costes actuales. En el Anexo A, se muestran los algoritmos que utiliza BEES, para el cálculo del rendimiento económico computacional, que muestran la técnica del descuento.

3.9. RESULTADOS

3.9.1. PRESENTACIÓN

Establecidos los parámetros del estudio, definidas las alternativas al producto y calculados los resultados, BEES muestra la ventana de selección de informes BEES, en la que se puede escoger la visualización de una tabla resumen donde se especifican las unidades de impacto, ambientales y económicas, por unidad funcional de alternativa escogida, junto con los datos normalizados y el impacto global de cada alternativa, además se puede escoger visualizar todos los gráficos de desempeño, el económico como se muestra en la Figura 3.1, el ambiental como muestra la Figura 3.2 y el global como muestra la Figura 3.3 o bien cada uno de ellos por separado; y se seleccionan para visualizarlos o imprimirlos.

¹ Para cualquier año, por ejemplo 2002, los costos se pueden convertir a dólares del año 2006, con un factor de inflación de 1,126 desarrollado a partir de los índices de precios de la vivienda al consumidor, informados por el Departamento de Trabajo de los EE.UU.

En esta misma ventana de selección de informes se puede seleccionar un gráfico para cada potencial impacto, en el que se puede observar en cada una de las alternativas, la cantidad de impacto que genera cada etapa del ciclo de vida del producto (adquisición de materias primas, fabricación, transporte, uso y disposición final) o bien por flujo.

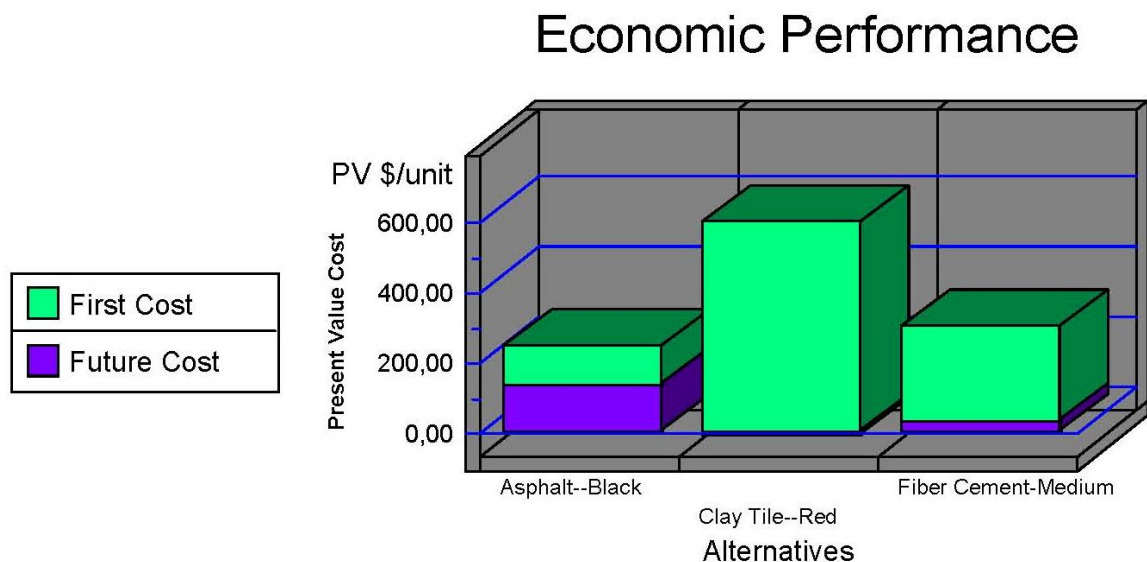
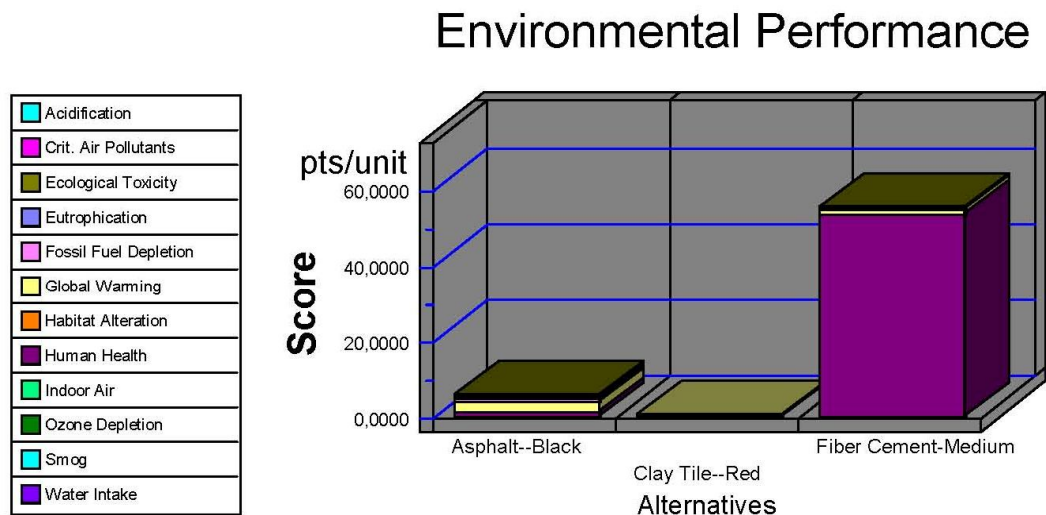
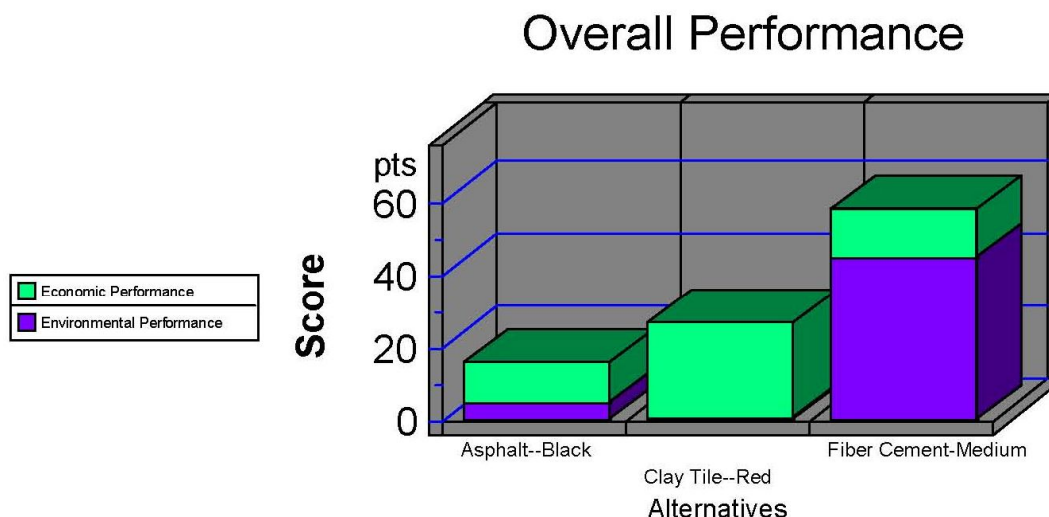


Figura 3.1: Gráfico del desempeño económico de alternativas para acabados de cubiertas



Note: Lower values are better

Figura 3.2: Gráfico del desempeño ambiental de alternativas para acabados de cubiertas



Note: Lower values are better

Figura 3.3: Gráfico del desempeño global de alternativas para acabados de cubiertas

Para la interpretación de los gráficos BEES, cuanto mayor es el valor, peor es el desempeño. Todos los gráficos BEES son gráficos de barras donde se apila la información de cada producto, es decir, la altura de cada barra representa un resumen de los resultados de desempeño consistente en la contribución de resultados representados como barras apiladas.

El gráfico de los resultados de desempeño global, muestra la puntuación medioambiental, la puntuación económica y su suma, que es la puntuación del desempeño global.

El gráfico de los resultados de desempeño ambiental muestra los porcentajes de las de las categorías de impacto medioambiental y sus sumas, es decir, la puntuación de desempeño medioambiental. Debido a que este gráfico muestra puntuaciones por cantidades unitarias de productos individuales de construcción, que han sido normalizados por referencias a impactos totales en EE.UU., aparecen cantidades muy pequeñas, estas magnitudes se explicarán al final de este apartado.

El gráfico de los resultados del desempeño económico, muestra el coste inicial más el coste del ciclo de vida, descontando los futuros costes.

En la ventana de selección de informes hay la opción de hacer un informe resumen, con la opción de todas las tablas en una, donde se informa de todos los porcentajes elegidos en la ventana de selección de parámetros, junto con la unidad funcional, la distancia de transporte, dos tablas para cada impacto ambiental, por flujos y por etapas del ciclo de vida, con sus respectivas sumas, representa la tabla de los datos económicos con el primer coste

y los costes futuros, junto con su suma; además este informe representa mediante tablas las energías utilizadas para cada alternativa y su total y como no la tabla del desempeño global. Si bien los impactos ambientales del consumo de energía y de combustión se contabilizarán en los resultados BEES por la categoría del impacto ambiental, los informes de los resultados de energía consumida son para fines informativos. BEES clasifica e incorpora la energía total consumida de dos maneras: por el combustible y materia prima energética y otra por combustible renovable.

El primer sistema de clasificación utiliza la energía contando las categorías por energía de combustibles y materia prima energética, la energía de la materia prima es el contenido de energía de los recursos combustibles extraídos de la tierra, mientras que la energía por combustible es la cantidad de energía que se libera cuando se queman combustibles.

Cuando recursos combustibles como el petróleo y el gas natural son utilizados como materiales de entrada, entonces el valor de la energía permanece en la categoría de materia prima. Cuando los recursos combustibles se extraen se transforman en combustibles y se queman para producir energía, sin embargo, la mayoría de la energía de la materia prima se transforma en un proceso industrial o en energía de transporte. Esto mueve la cantidad de energía de combustión a la categoría de materia prima en categoría de combustible. Porque menos del 100% del valor de la energía inherente de los recursos extraídos se mantiene después de la conversión de combustible y procesos de combustión, una pequeña cantidad de energía permanece en la categoría de materia prima.

La energía total incorporada también se clasifica e informan usando las categorías de energía contada de la energía renovable y no renovable. La energía procedente de combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y carbón se clasifica como no renovables, mientras que la energía de todas las demás las fuentes: hidroeléctrica, eólica, nuclear, geotérmica y biomasa se clasifica como renovable.

Para una introducción a la interpretación de las puntuaciones de rendimiento ambiental BEES, hay que consultar los valores de la Tabla 3.13, que son los valores de normalización que genera los EE.UU. en un año y per cápita.

3.9.2. ANÁLISIS DE LAS DECISIONES MULTIATRIBUIDAS

En el análisis de decisiones múltipliatributo (MADA), a menudo tiene que tratar con dos tipos de datos numéricos y la información cualitativa de la incertidumbre. Es esencial para representar adecuadamente y utilizar la información incierta para llevar a cabo un análisis de decisión racional.

El modelo BEES de desempeño global sintetiza los resultados ambientales y económicos en una sola puntuación, resultado global, como se ilustra en la Figura 3.4. Sin embargo, los resultados económicos y medioambientales están expresados en unidades diferentes. La técnica más adecuada para que se combine el desempeño ambiental con el desempeño económico es el análisis de decisión multiatributo, debido a que se caracteriza por compensaciones entre productos diferentes. El sistema BEES sigue el estándar ASTM para la realización de evaluaciones MADA relacionadas con la construcción.

En la Figura 3.4 se muestra como se llega a una puntuación total, teniendo en cuenta en esta puntuación el rendimiento ambiental que viene de los diferentes impactos ambientales y el económico que viene del precio de adquisición y de lo que costará en el futuro. Las unidades para estos dos rendimientos son diferentes entre sí, pero que mediante unos algoritmos se llega a la puntuación global para cada ACV.

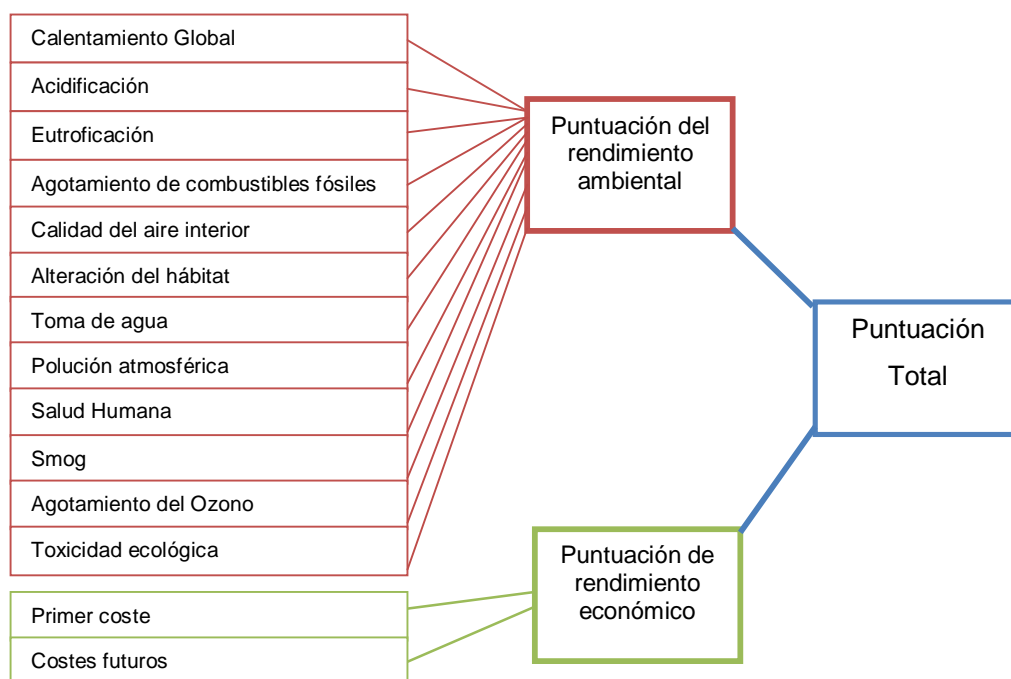


Figura 3.4: Puntuación global de BEES

Antes de combinar los resultados de desempeño ambiental y económico, cada uno se coloca en una escala común para dividirlo por la suma de las puntuaciones de todas las alternativas del análisis. A continuación, cada puntuación de desempeño se reescala en términos de lo que comparte con todas las puntuaciones, y se coloca en la misma escala, relativa 0 a 100. Entonces, los dos resultados se combinan en una puntuación global mediante la ponderación de resultados económicos y ambientales en su relativa importancia y tomando una media ponderada.

En BEES el usuario en la ventana de parámetros de análisis, especifica la importancia de los porcentajes relativos utilizados para combinar los resultados del rendimiento ambiental y económico y debe probar la sensibilidad de los resultados globales.

3.9.3. DESEMPEÑO ECONÓMICO

En el modelo BEES, el desempeño económico se mide durante un período de estudio de 50 años, como se muestra en Figura 2.12. Este período del estudio se ha seleccionado para reflejar un período de tiempo razonable, durante el cual se evalúa la función económica de la sociedad en su conjunto. Este mismo período de 50 años se utiliza para evaluar todos los productos, aunque tengan diferentes vidas útiles. Este es uno de los puntos fuertes del método CCV, puesto que cuenta con el hecho de que diferentes productos tienen diferentes vidas útiles, evaluándolos durante el mismo período de estudio.

Para mantener la coherencia, BEES evalúa el desempeño ambiental sobre el mismo período de estudio de 50 años. Productos de sustitución se contabilizan para el análisis de inventario en el ciclo de vida durante este mismo período de 50 años, y al final de la vida, los flujos de inventario son prorrateados a 50 años, para productos con una vida más larga que el período de estudio de 50 años. En el modelo BEES, el valor residual se calcula prorrateando el coste de la compra y el coste de la instalación durante la vida del producto restando lo que supere el período de 50 años.

En la figura 3.5 se muestra como el ACV nace desde la selección y preparación del lugar, pero como el período del estudio económico (50 años para BEES) empieza con la construcción y equipamiento; y el período de estudio medioambiental es de 50 años por normalizar los datos.

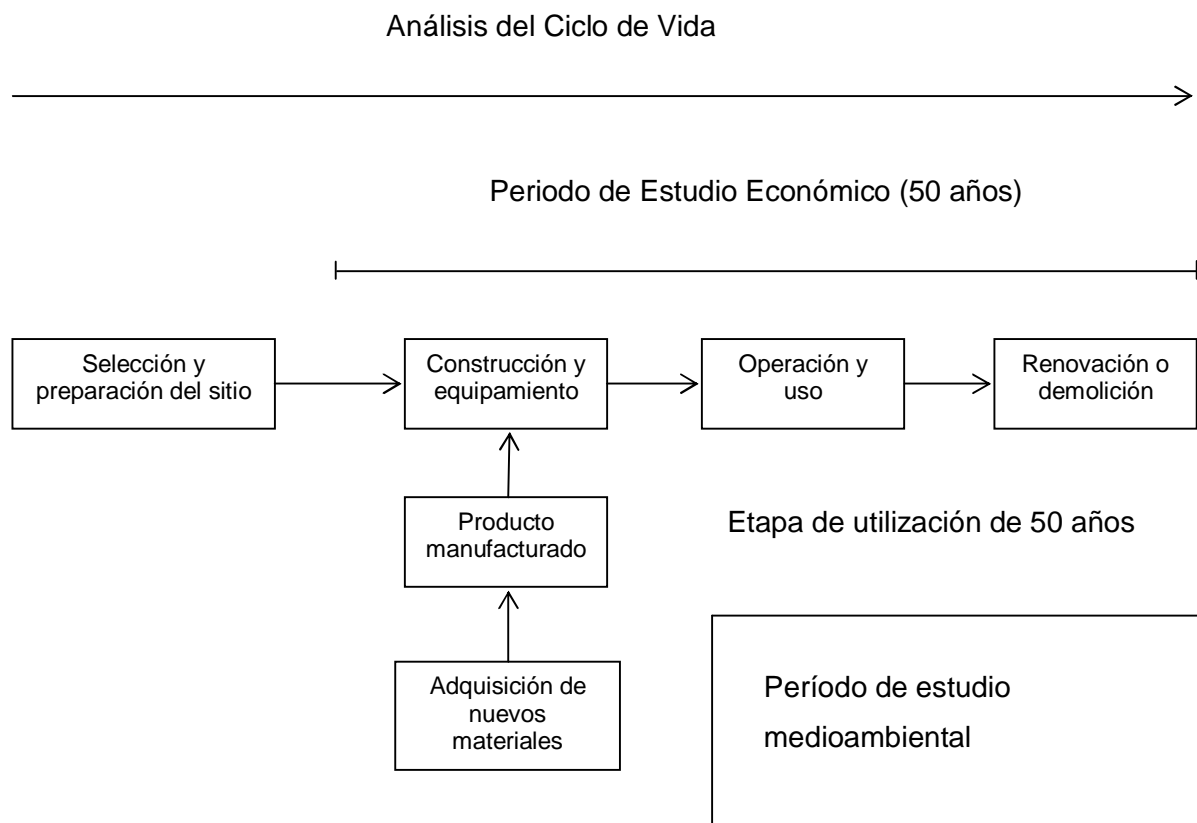


Figura 3.5: Periodos de estudio del desempeño ambientales y económico para productos de construcción

3.9.4. DESEMPEÑO AMBIENTAL

El análisis ambiental del ciclo de vida es desde la "cuna a la tumba", método que se utiliza para poder medir medioambientalmente. El método se basa en la creencia de que todas las etapas de la vida de un producto generan impactos ambientales y por lo tanto deben ser analizados, se incluyen dentro de las etapas del ciclo de vida: la adquisición de las materias primas, la fabricación de los productos, su transporte, su colocación, operación y mantenimiento, y en última instancia, el reciclado y la gestión de los residuos. Un análisis que excluya cualquiera de estas etapas, será limitado porque no tienen en cuenta el alcance de los impactos en el proceso de la fase específica.

El ACV contabiliza los problemas ambientales de un ciclo de vida etapa a etapa, o de los vectores ambientales a otro vector. El beneficio del enfoque ACV es la aplicación de un análisis de equilibrio para lograr una reducción real en el conjunto de los impactos ambientales, en lugar de un simple cambio de impacto.

3.10. VENTAJAS DEL PROGRAMA

Una de las mayores ventajas de BEES es la posible comparación de productos de construcción para la toma de decisiones ambientales, además de la disposición del programa a través de internet, de forma gratuita.

BEES es una herramienta abierta, que permite la continua cooperación de la industria para incluir más productos específicos de los fabricantes de productos de construcción para futuras versiones, mediante el programa *PLEASE BEES*.

Cada diez años, se vuelven a revisar los productos incluidos en el programa, debido a que se han podido realizar cambios en sus datos ambientales y de costes.

Cuando el usuario interpreta los resultados proporcionados por el programa BEES y éste tiene conocimientos importantes sobre los impactos de un determinado producto, que el programa no considera, debe hacerse saber en la interpretación de los resultados BEES con su justificación.

3.11. LIMITACIONES

Su uso no es internacional, puesto que los datos que dispone son para Estados Unidos. Los resultados no se pueden aplicar a productos vendidos en otros países donde las prácticas industriales y agrícolas, el combustible, las normativas medioambientales, las distancias de transporte y los mercados de trabajo y material pueden ser diferentes.

El ACV utiliza flujos de inventario convertidos en impactos ambientales de selección local, regional y mundial para evaluar el rendimiento ambiental. Estos flujos de inventario, normalmente no están probados científicamente o se excluyen impactos cuantificables en el medioambiente, como la extracción de mineral y de maderas que pueden llevar a la pérdida del hábitat y una consiguiente pérdida de la biodiversidad.

El ACV de BEES no incorpora el análisis de incertidumbre como exige la norma ISO 14040. Incorporarlo ahora es problemático debido a la falta de incertidumbre de estos datos. En BEES 2.0 el equipo de revisión por pares discutió esta cuestión y aconsejado por el NIST no incorpora el análisis de la incertidumbre en un corto plazo. En el plazo largo, sin embargo, un aspecto de incertidumbre puede ser considerado, el de la representatividad de los productos genéricos.

Las puntuaciones del desempeño general BEES no representan el desempeño absoluto, representan diferencias proporcionales en el desempeño, o función relativa, entre competidores alternativos. En consecuencia, el resultado del rendimiento global de una alternativa de productos podrá cambiar si una o más alternativas se añaden o eliminan al

conjunto de alternativas en estudio. Por último, ya que son resultados de desempeños relativos, no pueden extraerse conclusiones comparando las puntuaciones globales a través de elementos de construcción. Esta limitación no se aplica para comparar las calificaciones de rendimiento ambiental a través de elementos de construcción.

El modelo BEES asume que todos los productos alternativos han de cumplir los requisitos técnicos mínimos de prestación, sin embargo, pueden ser diferencias significativas en prestaciones acústicas o de resistencia al fuego, estos desempeños pueden ser más importantes y superar los desempeños ambientales y económicos, la importancia de unos requisitos, respecto a otros no son estudiados por BEES.

Los materiales disponibles en la base de datos de BEES, son muy limitados y hay categorías de productos que disponen de un solo producto, además el que los datos de los productos sean los de una industria en concreto, hace que sean poco reales puesto que otra industria del mismo producto, puede tener otro proceso de industrialización, si es útil como dato genérico, pero no como datos concretos y específicos.

Otra de las limitaciones del programa es que no deja evaluar sistemas constructivos, debería permitir seleccionar el conjunto de productos que compondrían el sistema constructivo.

3.12. COMPARATIVA CON OTROS SOFTWARES DE ACV EN LA CONSTRUCCIÓN

Para la realización de esta comparativa, se han cogido los programas informáticos descritos en la Tabla 2.11. (Programas informáticos de ACV de procesos o productos de la construcción), y se ha realizado un cribado, analizando sólo un programa de cada país, debido a que hay países en los que hay varios programas. Se elegirán los softwares que tengan más repercusión o bien el que tenga información a disposición pública.

Todos los programas informáticos están basados en el ACV, además la mayoría de los programas estudiados analizan todo el edificio y la eficiencia energética del mismo. Por el contrario BEES, no analiza el edificio en sí, sino los materiales que lo componen. El BEAT (Biomass Enviromental Assessment Tool) es un programa que evalúa sólo la energía que consumirá el edificio y los equipos.

De forma genérica, los programas están disponibles en internet gratis, también hay que resaltar que todos los programas, representan sus resultados mediante gráficos de barras.

Tabla 3.14: Comparación de varios programas informáticos que se dedican al ACV en el sector de la construcción

	ATHENA	BEAT	BECOST	BEEES	CMLCA	ENVEST	EQUER	LISA	LTE-OGIP
BASADO EN ACV	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ANÁLISIS DE UN EDIFICIO	X	-	X	-	X	X	X	X	X
ANÁLISIS DE LOS MATERIALES	X	-	X	X	X	X	X	X	X
INFORMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	X	X	X	X	-	X	X	X	X
ANÁLISIS DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	X	-	NS	-	-	NS	-	-	X
ESTUDIO DE ENERGÍA CONSUMIDA POR EL EDIFICIO	X	X	X	-	NS	X	X	X	X
ANÁLISIS DE COSTES	-	X	X	X	X	X	-	-	X
CONSIDERA MANTENIMIENTO	X	X	X	X	NS	X	-	X	X
SE CONSIDERAN MEDICIONES	X	-	-	-	-	NS	-	X	NS
REALIZA COMPARACIONES	X	X	NS	X	-	X	X	-	X
DISPONE DE MÁS DE UNA BASE DE DATOS	X	-	-	X	-	-	X	-	-
SE PUEDE INTRODUCIR INFORMACIÓN	X	X	X	-	X	X	X	-	X
RESULTADOS MEDIANTE GRÁFICOS Y TABLAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DE LIBRE ACCESO	X	X	X	X	X	-	-	X	-

4. CASOS PRÁCTICOS

4.1. GENERALIDADES

Los tres proyectos seleccionados para el estudio pertenecen a una misma zona geográfica (Barcelona), para que los materiales que se van a estudiar, tengan que cumplir las mismas condiciones climáticas, además han sido contruidos en la última década, esto también es importante tenerlo en cuenta, puesto que los materiales y técnicas constructivas van evolucionando con el tiempo.

En ninguno de los casos prácticos, se van a estudiar las partidas que se refieren a instalaciones (saneamiento, electricidad, telecomunicaciones, fontanería, gas, calefacción, climatización, energía solar, protección contraincendios y ventilación), materiales auxiliares necesarios para la formación de los cerramientos (premarcos, dinteles, sellados, refuerzos de malla, remate de petos, remates de chimeneas, etc.) y jardinería.

El programa en la elección de algunas alternativas, por ejemplo en los acabados de las fachadas exteriores, se ha de especificar el tipo de combustible que se utiliza para la calefacción (el previsto en el proyecto) y seleccionar una ciudad de los Estados Unidos en la que las condiciones climatológicas se parezcan a las del edificio en estudio. Para el presente estudio se va a tomar la ciudad de Boston, por ser la única que dispone mar, como es el caso de Cataluña. En la partida de los acabados de las cubiertas, también se ha de escoger una ciudad de los Estados Unidos, con condiciones parecidas a las de la provincia donde se sitúan nuestros casos, la ciudad elegida para este caso es Houston, por la misma razón que para el caso de acabados de fachadas exteriores. Para esta partida también hay que determinar si es una obra de nueva construcción o bien sobre una ya existente, energía utilizada para calefactar y refrigerar; además de la localización de los conductos.

4.2. DATOS FIJOS

Para el estudio de los casos prácticos se van a utilizar los siguientes datos, que serán iguales para todo el estudio, pudiendo así comparar los distintos resultados.

Se toman como valores para la decisión, un 50% para el desempeño ambiental y el otro 50% para el desempeño económico, así pues en caso de que el desempeño ambiental sea el mismo para dos productos, se tomará en cuenta el desempeño económico. Como el programa dispone de una tasa de descuento real, que se puede variar, para el estudio de los casos prácticos, se va a tomar el valor que aporta el programa de forma predeterminada, una tasa real del 3,0%.

Los porcentajes asignados a las categorías de impactos, se toman los determinados por el panel BEES, por varias razones:

- No se han encontrado porcentajes de Barcelona, ni Cataluña ni de España, para poder aplicar al programa informático.
- Es la categoría que da un mayor peso a la salud humana y el calentamiento global.
- Los porcentajes han sido determinados por expertos, fabricantes y usuarios.
- En los pesos de la salud humana del panel BEES, se separan los efectos cancerosos y los no cancerosos, siendo 8 y 5 respectivamente.

Los pesos de los impactos del panel BEES serán los utilizados en los estudios de casos:

Tabla 4.1: Ponderaciones utilizadas para la realización del trabajo

CATEGORÍAS	IMPACTOS AMBIENTALES											
	Calentamiento Global	Acidificación	Eutrofización	Agotamiento de los combustibles fósiles	Calidad del Aire Interior	Alteración del Hábitat	Consumo de agua	Polución Atmosférica	Smog	Toxicidad Ecológica	Potencial agotamiento del ozono	Salud Humana
Panel de interesados de BEES	29	3	6	10	3	6	8	9	4	7	2	8+5

Otro dato que se va a tomar como fijo es la distancia de la fábrica de los materiales a la obra, donde se va a colocar este material, limitando así la comparación a los materiales y sus procesos de fabricación. La distancia que se va a tomar como dato fijo es de 100 Km, aunque para algunos materiales sea una distancia impensable, como puede ser el caso del hormigón.

Los datos de los impactos ambientales, el programa los presenta de dos formas, por flujo o por los estados del ciclo de vida, se va a escoger la opción de los flujos, puesto que hay materiales que no presentan datos suficientes de la otra forma. También la energía se presenta de dos formas, la primera con la energía incorporada del uso de combustibles y otra con la energía incorporada por energía renovable, que es la forma en la que se representarán los datos del estudio.

4.3. MATERIALES QUE NO SE ENCUENTRAN EN LA BASE DE DATOS

A continuación se enumeran los materiales que están en los proyectos que se van a estudiar y que no dispone la base de datos del programa BEES:

Cimentación: Materiales de sub-bases y hormigón de limpieza.

Particiones: Bloque de vidrio.

Cubiertas: Láminas impermeabilizantes, hormigón aligerado, lucernarios, capa de protección, capa de grava y geotextil.

Aislamientos: Espuma de poliuretano, poliestireno expandido y lámina de PVC.

Revestimientos exteriores: Revestimiento de piedra y revestimiento monocapa.

Revestimientos interiores: Pintura antioxidante, pintura al esmalte, pintura plástica, piedra artificial, enlucido de yeso, falsos techos de cartón-yeso, estuco y placas de acero galvanizado.

Solados: Parqué de madera, pavimento de piedra, baldosa hidráulica de cemento, placas de acero, adoquines y lamas de madera de pino.

Carpintería interior: No dispone BEES de ningún producto en su base de datos.

Carpintería exterior: No dispone BEES de ningún producto en su base de datos.

Cerrajería: No dispone BEES de ningún producto en su base de datos.

Vidrios: No dispone BEES de ningún producto en su base de datos.

Piedras naturales: Encimeras y pavimentación.

4.4. VIVIENDA UNIFAMILIAR: REFORMA Y AMPLIACIÓN DE VIVIENDA ENTRE MEDIANERAS SITO EN LA C/ IRLANDA, Nº 99

4.4.1. SITUACIÓN

El solar se localiza en la C/ Irlanda, nº 99, perteneciente a Santa Coloma de Gramanet. Dicha zona presenta una trama consolidada, formada por edificaciones plurifamiliares entre medianeras.

4.4.2. DESCRIPCIÓN

La parcela está situada en zona urbana alineada a vial, posee forma trapezoidal, con una superficie total aproximada de 137 m² de los cuales la vivienda ocupa 95,49 m² y 41,50 m² para terraza y jardín en planta baja, se incluye en el proyecto un almacen en la zona de jardín que no se va a tener en cuenta para el estudio. La vivienda está formada por planta baja más planta piso, sin zona para aparcamiento.

El proyecto es del año 2004.

4.4.3. COMPARATIVAS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MATERIAL DE PROYECTO Y SUS ALTERNATIVAS

La columna sombreada en gris serán los datos del material que está previsto en el proyecto, la columna total será la del producto de proyecto por la medición del mismo.

Este proyecto al ser una reforma y ampliación, muchas de las mediciones serán tomadas de los planos, pero también hay mediciones que no son posibles conseguir, como por ejemplo los pilares ya existentes.

4.4.3.1. Cimentación

4.4.3.1.1. Muros pantalla y muros encofrados a 1 o 2 caras

No existen en este proyecto muros de hormigón.

4.4.3.1.2. Zapatas y riostras

Para las zapatas aisladas y riostras de este proyecto se utiliza el HA-25/B/20/IIa y armaduras B 500 S.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.2: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	16,55	15,67	16,22	16,55	5,47	90,53
Coste futuro	-1,89	-1,78	-1,78	-1,89	5,47	-31,28

SUMA	14,66	13,89	14,44	14,66	5,47	242,62
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	---------------

Tabla 4.3: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,78	0,78	0,78	5,47	12,91
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Salud humana (13%)	72,00	57,89	57,89	68,00	5,47	1.191,60
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
SUMA	72,78	58,67	58,67	68,78	5,47	1.204,51

Tabla 4.4: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	13.766,22	12.555,22	12.809,00	13.564,00	5,47	75.301,22
Polución atmosférica (mcDALYs / m^2)	13,78	13,00	13,00	13,55	5,47	75,38
Toxicidad	321,55	283,11	284,67	313,22	5,47	1.758,88



ecológica (gr 2,4-D / m ²)						
Eutrofización (gr de N / m ²)	14,44	13,78	13,89	14,44	5,47	78,99
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	34,78	33,44	33,78	34,78	5,47	190,25
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	49.520,89	44.534,67	45.123,78	48.504,44	5,47	270.879,27
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	12.992,99	10.396,18	10.438,85	12.368,70	5,47	71.071,65
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	256,00	238,11	239,55	254,89	5,47	1.400,32
Consumo de agua (l / m ²)	65,00	61,00	61,00	66,78	5,47	355,55

Los hormigones con un 20% de cenizas volantes y 20% en escorias son los materiales mejores para el medioambiente, pero económicamente el que tiene cenizas volantes es mejor, por lo que se debería haber proyectado el hormigón con 20% de cenizas volantes.

4.4.3.1.3. Solera

En las fichas de los materiales que dispone el programa aparece un hormigón genérico para pavimentación, que no tiene el software en su base de datos, por lo que no puedo realizar una comparación del material de proyecto con las alternativas de la ficha B.46 (Anexo B)

4.4.3.2. Estructura

4.4.3.2.1. Forjados

Para las vigas del forjado unidireccional, se utiliza un hormigón armado HA-25/B/I y armaduras B 500 S.

Unidad funcional: 1 m³ de producto para servir 50 años

Tabla 4.5: Comparativa del desempeño económico (€/m³) del hormigón de las vigas de los forjados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	781,80	744,84	767,64	781,80	180,40	141.036,72
Coste futuro	-89,16	-84,95	-87,55	-89,16	180,40	-16.084,46
SUMA	692,64	659,89	680,09	692,64	180,40	124.952,26

Tabla 4.6: Comparativa del desempeño ambiental (l/m³) del hormigón de las vigas de los forjados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,09	0,09	0,09	0,09	180,40	16,24
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Calentamiento global (29%)	0,18	0,18	0,18	0,18	180,40	32,47
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Salud humana (13%)	37,97	30,47	30,47	36,13	180,40	6.849,79
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
SUMA	38,24	30,74	30,74	36,40	180,40	6.898,50

Tabla 4.7: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de de las vigas de los forjados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	5.816,05	5.173,50	5.321,70	7.169,93	180,40	1.049.215,42
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	5,37	4,96	5,00	5,20	180,40	968,75
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	150,09	129,42	130,09	145,04	180,40	27.076,24
Eutrofización (gr de N / m ²)	5,17	4,83	4,87	5,09	180,40	932,67
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	13,25	12,51	12,74	13,08	180,40	2.390,30
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	21.394,80	18.765,21	19.071,78	20.741,12	180,40	3.859.621,92
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	58.145,96	46.654,99	46.658,13	55.295,92	180,40	10.489.531,18
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	180,40	0,00
Smog (gr NO _x / m ²)	105,26	95,60	96,64	102,97	180,40	18.988,90
Consumo de agua (l / m ²)	27,10	25,00	25,00	26,58	180,40	4.888,84

Como en el caso anterior, los hormigones con un 20% de cenizas volantes y 20% en escorias son los materiales ambientalmente preferibles, pero económicamente el que tiene cenizas volantes es mejor, por lo que se debería haber proyectado éste.

4.4.3.2.2. Pilares

Los pilares de la ampliación son pilares metálicos circulares de 11 cm de diámetro y acero A-42b.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.8: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del acero de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Metálicos	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	24,15	792,37	748,81	0,21	5,07
Coste futuro	-1,83	-90,37	-85,41	0,21	-0,38
SUMA	22,32	702,00	663,40	0,21	4,69

Tabla 4.9: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del acero de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Metálicos	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,07	0,07	0,21	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,14	0,14	0,21	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Salud humana (13%)	0,33	29,21	23,44	0,21	0,07
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
SUMA	0,33	29,42	23,65	0,21	0,07

Tabla 4.10: Comparativa de los impactos ambientales del acero de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Metálicos	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.527,44	6.569,93	5.934,05	0,21	320,76

Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	0,22	5,64	5,24	0,21	0,05
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	85,89	189,33	168,88	0,21	18,04
Eutrofización (gr de N / m ²)	1,45	6,21	5,87	0,21	0,30
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	6,44	16,79	16,05	0,21	1,35
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	6.100,67	25.009,37	22.326,34	0,21	1.281,14
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	405,63	58.773,24	47.282,38	0,21	94,63
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	18,33	113,63	103,96	0,21	3,85
Consumo de agua (l / m ²)	48,44	38,03	35,92	0,21	10,17

Los pilares de acero conformado son la mejor elección ambiental y además son los que se han proyectado.

4.4.3.3. Cerramientos

El cerramiento que incluye el proyecto es de ladrillo perforado tipo “gero” de 15 cm de espesor, preparado para revestir.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.11: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	106,00	55,78	71,78	170,24	18.045,44
Coste futuro	-11,44	0,00	0,00	170,24	-1.947,54
SUMA	94,56	55,78	71,78	170,24	16.097,89

Tabla 4.12: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,00	0,00	170,24	132,79
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Salud humana (13%)	21,78	10,11	10,11	170,24	3.707,83
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
SUMA	22,56	10,11	10,11	170,24	3.840,61

Tabla 4.13: Comparativa de los impactos ambientales del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	54.392,00	5.379,89	5.727,44	170,24	9.259.694,08
Polución atmosférica (mcDALYs / m^2)	15,00	1,67	1,78	170,24	2.553,60
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m^2)	225,67	65,00	70,89	170,24	38.418,06
Eutrofización (gr de N / m^2)	14,00	3,00	3,11	170,24	2.383,36
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m^2)	281,44	37,55	39,89	170,24	47.912,35

Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	84.303,11	18.589,33	19.502,22	170,24	14.351.761,45
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.544,19	1.887,92	1.890,18	170,24	603.362,91
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	170,24	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	281,78	85,89	89,33	170,24	47.970,23
Consumo de agua (l / m ²)	42,00	151,22	160,11	170,24	7.150,08

Los cerramientos Dryvit Out y Dryvit Out Plus son los mejores materiales ambientalmente de los comparados, pero económicamente es más rentable el cerramiento Dryvit Out, por lo que es el material que se debería colocar.

4.4.3.4. Particiones interiores

Las divisorias de la casa se hacen con fábrica tradicional de ladrillo.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.14: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de las particiones interiores de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	106,00	61,78	157,11	112,22	203,87	21.610,22
Coste futuro	-11,44	0,00	0,00	0,00	203,87	-2.332,27
SUMA	94,56	61,78	157,11	112,22	203,87	19.277,95

Tabla 4.15: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) de las particiones interiores de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00

Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,00	0,78	0,78	203,87	159,02
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Salud humana (13%)	21,78	0,00	0,78	0,78	203,87	4.440,29
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
SUMA	22,56	0,00	1,56	1,56	203,87	4.599,31

Tabla 4.16: Comparativa de los impactos ambientales de las particiones interiores de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	54.392,00	14.152,78	21.425,55	18.346,44	203,87	11.088.897,04
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	15,00	4,00	6,55	6,00	203,87	3.058,05
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	225,67	85,78	292,78	278,33	203,87	46.007,34
Eutrofización (gr de N / m ²)	14,00	4,00	30,89	27,67	203,87	2.854,18
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	281,44	26,67	104,11	98,55	203,87	57.377,17
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	84.303,11	12.757,67	54.666,22	51.276,78	203,87	17.186.875,04
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.544,19	44,79	165,12	150,28	203,87	722.554,01

Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	281,78	107,44	325,55	245,44	203,87	57.446,49
Consumo de agua (l / m ²)	42,00	1,78	95,22	94,11	203,87	8.562,54

El panel altree de P&M es el material ambientalmente preferible de las alternativas propuestas, por lo que es el material que se debería proyectar. Estos paneles están compuestos por fibra de madera de especies arbóreas invasoras o matorral y del plástico de botellas de leche recicladas.

4.4.3.5. Cubiertas

4.4.3.5.1. Revestimiento tipo sándwich

En el proyecto hay una cubierta ligera inclinada tipo sándwich, este tipo de cubiertas no se encuentra dentro de la base de datos de BEES.

4.4.3.5.2. Revestimiento para cubierta inclinada

En la vivienda, se comprueba por planos que existe una cubierta inclinada con acabado de teja árabe, esta medición se toma de planos, puesto que es una parte que existe y se va a mantener.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.17: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento de teja de arcilla de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Teja de arcilla	Teja de asfalto negro	Teja de fibrocemento	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	45,82	8,52	20,26	37,67	1.726,04
Coste futuro	-0,62	10,18	2,56	37,67	-23,35
SUMA	45,20	18,7	22,82	37,67	1.702,68

Tabla 4.18: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del revestimiento de teja de arcilla de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Teja de arcilla	Teja de asfalto negro	Teja de fibrocemento	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,007	0,11	0,04	37,67	0,26
Toxicidad ecológica (7%)	0,03	0,30	0,17	37,67	1,13
Eutrofización (6%)	0,007	0,07	0,03	37,67	0,26
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,09	0,76	0,24	37,67	3,39
Calentamiento global (29%)	0,15	2,04	0,80	37,67	5,65
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Salud humana (13%)	0,27	0,98	40,48	37,67	10,17
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Smog (4%)	0,01	0,14	0,06	37,67	0,38
Consumo de agua (8%)	0,00	0,07	0,00	37,67	0,00
SUMA	0,56	4,47	41,82	37,67	21,09

Tabla 4.19: Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de teja de arcilla de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Teja de arcilla	Teja de asfalto negro	Teja de fibrocemento	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	7.157,76	122.201,55	29.805,90	37,67	269.632,82
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	1,83	34,00	9,56	37,67	68,94
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	48,61	505,95	236,45	37,67	1.831,14
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,41	33,50	10,86	37,67	166,12
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	47,23	380,18	84,15	37,67	1.779,15
Calentamiento global (gr de CO ₂ /	18.494,90	255.115,10	71.772,93	37,67	696.702,88

m ²)					
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	4.736,55	18.837,89	756.344,61	37,67	178.425,84
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	37,67	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	73,28	771,83	229,11	37,67	2.760,46
Consumo de agua (l / m ²)	51,42	3,71	16,36	37,67	1.936,99

El material de cubrición elegido para la cubierta inclinada, es el más adecuado ambientalmente de los materiales expuestos.

4.4.3.6. Aislamientos

En el proyecto se utilizan dos tipos de aislamientos, la espuma de poliuretano en la cubierta ligera tipo sándwich y poliestireno expandido de 3 cm para los cerramientos. Estos dos materiales no se encuentran en la base de datos de BEES.

4.4.3.7. Revestimientos exteriores

4.4.3.7.1. Revestimiento de enfoscado de cemento

El enfoscado de cemento se utiliza como revestimiento de toda la fachada, con 1 cm de espesor.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.20: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	20,44	24,33	18,44	179,56	203,87	4.167,10
Coste futuro	-2,33	-2,11	-2,44	0,00	203,87	-475,02
SUMA	18,11	22,22	16,00	179,56	203,87	3.692,08

Tabla 4.21: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Salud humana (13%)	15,67	0,00	2,33	0,78	203,87	3.194,64
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
SUMA	15,67	0,00	2,33	0,78	203,87	3.194,64

Tabla 4.22: Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	3.479,78	5.432,89	9.555,56	10.838,22	203,87	709,422,75
Polución atmosférica (mcDALYs / m^2)	1,45	2,67	2,67	3,00	203,87	295,61
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m^2)	99,00	43,11	64,33	56,89	203,87	20.183,13
Eutrofización (gr de N / m^2)	2,44	1,67	2,00	6,22	203,87	497,44

Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	8,33	17,89	40,22	76,22	203,87	1.698,24
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	13.207,11	16.541,00	11.980,78	28.828,44	203,87	2.692.533,52
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	2.875,62	29,42	378,98	81,40	203,87	586.252,65
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,87	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,22	0,00	0,00	203,87	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	59,89	44,56	35,78	133,44	203,87	12.209,77
Consumo de agua (l / m ²)	14,44	0,00	2,44	90,67	203,87	2.943,88

El revestimiento de aluminio es el material que se debería proyectar para las fachadas, puesto que es material que mejor se comporta ambientalmente.

4.4.3.8. Revestimientos interiores verticales

4.4.3.8.1. Enlucido de yeso

En el proyecto, los cerramientos por su parte interior y las particiones interiores están enlucidos con yeso, este material no existe dentro de la base de datos BEES.

4.4.3.8.2. Pintura

En esta vivienda se utiliza pintura plástica, este tipo de pintura no se encuentra en la base de datos de BEES, como el programa dispone de sólo tres tipos de pinturas de látex, veremos cuál es la mejor ambientalmente. Para la medición de esta partida se tiene en cuenta los paramentos verticales y los horizontales.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.23: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Pintura de látex	Pintura de látex	Pintura de látex	Medición (m ²)	Total (€)
-----------	------------------	------------------	------------------	----------------------------	-----------

	virgen	consolidada	reprocesada		
Coste inicial	6,00	5,33	5,33	567,13	3.402,78
Coste futuro	16,00	14,67	14,67	567,13	9.074,08
SUMA	22,00	20,00	20,00	567,13	12.476,86

Tabla 4.24: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	394,82	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
SUMA	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00

Tabla 4.25: Comparativa de los impactos ambientales de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.062,33	938,67	582,00	567,13	602.479,21
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	0,33	0,22	0,11	567,13	187,15

Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	34,22	22,11	21,22	567,13	19.407,19
Eutrofización (gr de N / m ²)	0,44	0,67	0,22	567,13	249,54
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	6,22	6,22	2,89	567,13	3.527,55
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.432,44	2.714,11	1.202,56	567,13	1.379.509,70
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	5,85	4,85	4,56	567,13	3.317,71
Aire interior (gr COVs / m ²)	227,78	227,78	227,78	567,13	129.180,87
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	567,13	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	226,89	244,44	221,56	567,13	128.676,13
Consumo de agua (l / m ²)	12,33	1,56	4,78	567,13	6.992,71

4.4.3.8.3. Alicatados

Para el alicatado se utiliza un azulejo de color con brillo o mate.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.26: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	76,11	15,00	88,01	6.698,44
Coste futuro	0,00	2,00	88,01	0,00
SUMA	76,11	15,00	88,01	6.698,44

Tabla 4.27: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Polución atmosférica	0,00	0,00	88,01	0,00

(9%)				
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Salud humana (13%)	2,33	0,78	88,01	205,06
Aire interior (3%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	88,01	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	88,01	0,00
SUMA	2,33	0,78	88,01	205,06

Tabla 4.28: Comparativa de los impactos ambientales de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.096,89	6.048,89	88,01	96.537,29
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3,11	1,67	88,01	273,71
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	91,89	32,67	88,01	8.087,24
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,33	1,78	88,01	381,08
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	43,44	28,22	88,01	3.823,15
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	26.900,33	10.939,78	88,01	2.367.498,04
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	88,01	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	503,29	142,18	88,01	44.294,55
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	1,22	88,01	38,72

Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	88,01	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	129,11	42,77	88,01	11.362,97
Consumo de agua (l / m ²)	167,78	28,00	88,01	14.766,32

El mejor material ambientalmente, para revestir las paredes de baños son las piezas de vinilo, de entre los materiales que se han comparado.

4.4.3.9. Solados

4.4.3.9.1. Pavimento de parquet

En la vivienda existe 48,96 m² de parquet de madera de haya, pero no existe parquet de madera natural en la base de datos de BEES, por lo que no se ha podido estudiar.

4.4.3.9.2. Pavimento cerámico

La baldosa cerámica que se compara tiene en su composición vidrio reciclado. El acabado de la planta baja del proyecto se considera que es pavimento cerámico.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.29: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo con pegamento de bajos COV	Moqueta de nylon	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	76,11	28,33	15,00	27,33	64,41	4.902,24
Coste futuro	0,00	9,55	2,00	48,89	64,41	0,00
SUMA	76,11	37,88	17,00	76,22	64,41	4.902,24

Tabla 4.30: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo con pegamento de bajos COV	Moqueta de nylon	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	3,11	0,00	0,78	2,33	64,41	200,31
Polución	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00

atmosférica (9%)						
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,78	64,41	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Salud humana (13%)	2,33	0,00	0,78	0,78	64,41	150,07
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
SUMA	5,44	0,00	1,56	3,89	64,41	350,39

Tabla 4.31: Comparativa de los impactos ambientales del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo	Moqueta de nylon con pegamento de bajos COV	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	10.096,89	6.621,56	6.048,89	23.970,22	64,41	650.340,68
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3,11	1,56	1,67	7,44	64,41	200,31
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	91,89	81,44	32,67	95,11	64,41	5.918,63
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,33	24,00	1,78	72,44	64,41	278,89
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	43,44	26,22	28,22	186,00	64,41	2.797,97
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	26.900,33	9.964,89	10.939,78	65.578,33	64,41	1.732.650,25
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00

Salud humana (Kg tolueno / m ²)	503,29	18,77	142,18	43,44	64,41	32.416,91
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	1,33	1,22	103,55	64,41	28,34
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	64,41	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	129,11	129,33	42,78	325,78	64,41	8.315,97
Consumo de agua (l / m ²)	167,78	496,00	28,00	4.683,22	64,41	10.806,71

Para el pavimento interior de la vivienda se debería proyectar un pavimento de linóleo, puesto que es el material medioambientalmente preferible entre las alternativas propuestas.

4.4.3.9.3. Pavimento de mármol

Como se ha comentado en el caso anterior, la baldosa cerámica que se compara tiene en su composición vidrio reciclado y la baldosa de mármol comparada no es de piedra, sino que son una mezcla de resina de poliéster y relleno de color para conseguir un efecto tipo mármol.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.32: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Baldosa de mármol	Baldosa de terrazo	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	153,00	188,00	76,11	3,70	566,10
Coste futuro	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
SUMA	153,00	188,00	76,11	3,70	566,10

Tabla 4.33: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Baldosa de mármol	Baldosa de terrazo	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00

Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Salud humana (13%)	21,89	0,00	2,33	3,70	80,99
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
SUMA	21,89	0,00	2,33	3,70	80,99

Tabla 4.34: Comparativa de los impactos ambientales del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en la vivienda unifamiliar

Categoría	Baldosa de mármol	Baldosa de terrazo	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	8.434,11	13.400,22	10.096,89	3,70	31.206,21
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	2,78	4,56	3,11	3,70	10,29
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	175,89	77,89	91,89	3,70	650,79
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,89	15,78	4,33	3,70	18,09
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	96,11	70,00	43,44	3,70	355,61
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	28.315,44	28.315,44	26.900,33	3,70	104.767,13
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.932,98	38,61	503,29	3,70	14.552,03
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	0,44	0,00	3,70	1,63

Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	232,22	211,78	129,11	3,70	859,21
Consumo de agua (l / m ²)	845,56	1.057,78	167,78	3,70	3.128,57

El terrazo es el material que mejor se comporta ambientalmente, frente a los materiales propuestos, por lo que debería ser el material a utilizar.

4.5. EDIFICIO PLURIFAMILIAR: 34 VIVIENDAS Y APARCAMIENTOS ENTRE MEDIANERAS

4.5.1. SITUACIÓN

El edificio se encuentra ubicado en el número 230-234 de la calle Rellinars, de Terrassa, provincia de Barcelona.

4.5.2. DESCRIPCIÓN

El edificio está situado en un solar de forma trapezoidal de 3.274,06 m², con una superficie edificada de 968,1 m² de superficie, se compone de 34 viviendas y un garaje aparcamiento comunitario de uso privado. Las viviendas de planta baja y primera están formadas por una, dos o tres habitaciones, los dúplex (planta segunda y bajo cubierta) tienen dos o tres habitaciones. La refrigeración se realiza a través de energía eléctrica, mientras que la calefacción se obtiene a través de una caldera de gas natural.

El proyecto es de los años 2008 – 2009.

4.5.3. COMPARATIVAS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MATERIAL DE PROYECTO Y SUS ALTERNATIVAS

La columna sombreada en gris serán los datos del material que está previsto en el proyecto, la columna total será la del producto de proyecto por la medición del mismo.

4.5.3.1. Cimentación

4.5.3.1.1. Muros pantalla y muros encofrados a 1 ó 2 caras

Para los muros pantalla y muros de hormigón encofrados a 1 ó 2 caras el hormigón que se utiliza es HA-250, con acero B 500 S.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.35: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	71,67	67,22	69,89	71,67	918,99	65.864,01
Coste futuro	-8,22	-7,67	-8,00	-8,22	918,99	-7.554,10
SUMA	63,45	59,55	61,89	63,45	918,99	58.309,91

Tabla 4.36: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,78	0,78	0,78	918,99	716,81
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Salud humana (13%)	142,33	114,22	114,22	135,33	918,99	130.799,85
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00

SUMA	143,11	115,00	115,00	136,11	918,99	131.516,66
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-------------------

Tabla 4.37: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	22.541,33	20.156,89	20.672,44	22.157,33	918,99	20.715.256,86
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	24,89	23,33	23,55	24,55	918,99	22.873,66
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	516,67	438,78	441,89	498,11	918,99	474.814,56
Eutrofización (gr de N / m ²)	17,00	15,67	15,78	16,78	918,99	15.622,83
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	50,89	48,11	48,89	50,89	918,99	46.767,40
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	76.385,44	66.340,67	67.515,22	74.337,33	918,99	70.197.455,51
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	25.742,46	20.628,89	20.629,79	24.482,80	918,99	23.657.063,32
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	918,99	0,00
Smog (gr NO _x / m ²)	448,00	411,33	414,33	443,78	918,99	411.707,52
Consumo de agua (l / m ²)	96,78	88,89	88,89	100,33	918,99	88.939,85

El material más favorable ambientalmente son los hormigones con un 20% de cenizas volantes y los hormigones con un 20% de escorias, pues la suma de los impactos son los menores, respecto al hormigón de proyecto y al hormigón con un 20% de caliza. Y entre estos dos hormigones el del 20% de cenizas volantes es el que tiene un menor desempeño económico, por lo que sería la mejor elección.

4.5.3.1.2. Zapatas y riostras

Para las zapatas y riostras se utiliza el mismo material que para muros y pantallas.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.38: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	16,55	15,67	16,22	16,55	239,90	3.970,34
Coste futuro	-1,89	-1,78	-1,78	-1,89	239,90	-453,41
SUMA	14,66	13,89	14,44	14,66	239,90	3.516,93

Tabla 4.39: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del hormigón de las zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,78	0,78	0,78	239,90	187,12
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Salud humana (13%)	72,00	57,89	57,89	68,00	239,90	17.272,80
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
SUMA	72,78	58,67	58,67	68,78	239,90	17.459,92

Tabla 4.40: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de las zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	13.766,22	12.555,22	12.809,00	13.564,00	239,90	3.302.516,18
Polución atmosférica (mcdALYs / m ²)	13,78	13,00	13,00	13,55	239,90	3.305,82
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	321,55	283,11	284,67	313,22	239,90	77.139,84
Eutrofización (gr de N / m ²)	14,44	13,78	13,89	14,44	239,90	3.464,16
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	34,78	33,44	33,78	34,78	239,90	8.343,72
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	49.520,89	44.534,67	45.123,78	48.504,44	239,90	11.880.061,51
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	12.992,99	10.396,18	10.438,85	12.368,70	239,90	3.117.018,30
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	239,90	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	256,00	238,11	239,55	254,89	239,90	61.414,40
Consumo de agua (l / m ²)	65,00	61,00	61,00	66,78	239,90	15.593,50

Igual que para los muros el hormigón ambientalmente preferible de entre los comparados es el que dispone el 20% de cenizas volantes.

4.5.3.1.3. Solera

En las fichas de los materiales que dispone el programa aparece un hormigón genérico para pavimentación, que no tiene el software en su base de datos, por lo que no puedo realizar una comparación del material de proyecto con las alternativas de la ficha B.46 (Anexo B)

4.5.3.2. Estructura

4.5.3.2.1. Forjados y losas inclinadas para la cubierta

En el proyecto los forjados son reticulares planos de canto 30 cm, formado por HA-250 y armado de B 500 S. Se incluye en este apartado la losa inclinada de canto 25 cm para la formación de la cubierta.

Unidad funcional: 1 m³ de producto para servir 50 años

Tabla 4.41: Comparativa del desempeño económico (€/m³) del hormigón de forjados y losas inclinadas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	781,80	744,84	767,64	781,80	1.016,98	795.074,96
Coste futuro	-89,16	-84,95	-87,55	-89,16	1.016,98	-90.673,94
SUMA	692,64	659,89	680,09	692,64	1.016,98	704.401,03

Tabla 4.42: Comparativa del desempeño ambiental (l/m³) del hormigón de forjados y losas inclinadas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,09	0,09	0,09	0,09	1.016,98	91,53
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Calentamiento global (29%)	0,18	0,18	0,18	0,18	1.016,98	183,06
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Salud humana (13%)	37,97	30,47	30,47	36,13	1.016,98	38.614,73
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00

Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
SUMA	38,24	30,74	30,74	36,40	1.016,98	38.889,32

Tabla 4.43: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de forjados y losas inclinadas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	5.816,05	5.173,50	5.321,70	7.169,93	1.016,98	5.914.806,53
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	5,37	4,96	5,00	5,20	1.016,98	5.461,18
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	150,09	129,42	130,09	145,04	1.016,98	152.638,53
Eutrofización (gr de N / m ²)	5,17	4,83	4,87	5,09	1.016,98	5.257,79
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	13,25	12,51	12,74	13,08	1.016,98	13.474,99
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	21.394,80	18.765,21	19.071,78	20.741,12	1.016,98	21.758.083,70
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	58.145,96	46.654,99	46.658,13	55.295,92	1.016,98	59.133.278,40
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.016,98	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	105,26	95,60	96,64	102,97	1.016,98	107.047,31
Consumo de agua (l / m ²)	27,10	25,00	25,00	26,58	1.016,98	27.560,16

El hormigón ambientalmente preferible, como en casos anteriores, hormigón con un 20% de cenizas volantes.

4.5.3.2.2. Pilares

Los pilares están formados por HA-250 y armado B 500 S.

Unidad funcional: 1 m³ de producto para servir 50 años

Tabla 4.44: Comparativa del desempeño económico (€/m³) del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ³)	Total (€)
Coste inicial	792,37	748,81	775,55	792,37	61,18	48.477,20
Coste futuro	-90,37	-85,41	-88,46	-90,37	61,18	-5.528,84
SUMA	702,00	663,40	687,09	702,00	61,18	42.948,36

Tabla 4.45: Comparativa del desempeño ambiental (I/m³) del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ³)	Total (I)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,07	0,07	0,07	0,07	61,18	4,28
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Calentamiento global (29%)	0,14	0,14	0,14	0,14	61,18	8,56
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Salud humana (13%)	29,21	23,44	23,51	27,74	61,18	1.787,07
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
SUMA	29,42	23,65	23,72	23,93	61,18	1.799,92

Tabla 4.46: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ³)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	6.569,93	5.934,05	6.075,58	6.421,05	61,18	401.948,32
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	5,64	5,24	5,28	5,47	61,18	345,05
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	189,33	168,88	169,64	184,26	61,18	11.583,21
Eutrofización (gr de N / m ²)	6,21	5,87	5,91	6,13	61,18	379,93
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	16,79	16,05	16,28	16,57	61,18	1.027,21
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	25.009,37	22.326,34	22.604,63	24.344,53	61,18	1.530.073,26
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	58.773,24	47.282,38	47.285,64	55.923,21	61,18	3.595.746,82
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	61,18	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	113,63	103,96	105,00	111,34	61,18	6.951,88
Consumo de agua (l / m ²)	38,03	35,92	35,92	38,55	61,18	2.326,67

El hormigón con un 20% de cenizas volantes es el ambientalmente preferible, entre los comparados.

4.5.3.3. Cerramientos

Los cerramientos se realizarán de fábrica de ladrillo gero de 14 cm, colocado con motero de cemento.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.47: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	106,00	55,78	71,78	1.245,36	132.008,16
Coste futuro	-11,44	0,00	0,00	1.245,36	-14.246,92
SUMA	94,56	55,78	71,78	1.245,36	117.761,24

 Tabla 4.48: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,00	0,00	1.245,36	971,38
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Salud humana (13%)	21,78	10,11	10,11	1.245,36	27.123,94
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
SUMA	22,56	10,11	10,11	1.245,36	28.095,32

Tabla 4.49: Comparativa de los impactos ambientales del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	54.392,00	5.379,89	5.727,44	1.245,36	67.737.621,12

Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	15,00	1,67	1,78	1.245,36	18.680,40
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	225,67	65,00	70,89	1.245,36	281.040,39
Eutrofización (gr de N / m ²)	14,00	3,00	3,11	1.245,36	17.435,04
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	281,44	37,55	39,89	1.245,36	350.494,12
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	84.303,11	18.589,33	19.502,22	1.245,36	104.987.721,10
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.544,19	1.887,92	1.890,18	1.245,36	4.413.792,46
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	1.245,36	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	281,78	85,89	89,33	1.245,36	350.917,54
Consumo de agua (l / m ²)	42,00	151,22	160,11	1.245,36	52.305,12

El cerramiento que deberíamos poner en los cerramientos es el Dryvit Out, puesto que tiene el doble de mejor desempeño ambiental que la fábrica tradicional, ladrillo y mortero; y mejor desempeño económico que el Dryvit Out Plus.

4.5.3.4. Particiones interiores

Las particiones proyectadas son de tabique autoportante, formado por dos placas de yeso y estructura de chapa galvanizada. No se tiene en cuenta en esta medición ni los trasdosados ni los falsos techos.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.50: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de las particiones interiores de cartón-yeso de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Cartón-Yeso	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	5,78	61,78	157,11	112,22	3.334,57	19.273,81

Coste futuro	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
SUMA	5,78	61,78	157,11	112,22	3.334,57	19.273,81

Tabla 4.51: Comparativa del desempeño ambiental (I/m^2) de las particiones interiores de cartón-yeso de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Cartón-Yeso	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Medición (m^2)	Total (I)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,78	0,78	3.334,57	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,78	0,78	3.334,57	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
SUMA	0,00	0,00	1,56	1,56	3.334,57	0,00

Tabla 4.52: Comparativa de los impactos ambientales de las particiones interiores de cartón-yeso de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Cartón-Yeso	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	9.058,11	14.152,78	21.425,55	18.346,44	3.334,57	30.204.901,86
Polución atmosférica (mcDALYs / m^2)	3,22	4,00	6,55	6,00	3.334,57	10.737,31
Toxicidad ecológica (gr 2,4-	70,67	85,78	292,78	278,33	3.334,57	235.654,06

D / m ²)						
Eutrofización (gr de N / m ²)	7,22	4,00	30,89	27,67	3.334,57	24.075,59
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	42,89	26,67	104,11	98,55	3.334,57	143.019,71
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	21.483,55	12.757,67	54.666,22	51.276,78	3.334,57	71.638.401,32
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	38,72	44,79	165,12	150,28	3.334,57	129.114,55
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	3.334,57	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	60,11	107,44	325,55	245,44	3.334,57	200.441,00
Consumo de agua (l / m ²)	11,33	1,78	95,22	94,11	3.334,57	37.780,68

Las particiones de cartón-yeso, es el material ambientalmente mejor junto con el panel P&M, pero económicamente el cartón yeso es mejor.

4.5.3.5. Cubierta

4.5.3.5.1. Revestimientos para cubierta plana

En el proyecto hay unas cubiertas planas con pavimento de rasilla cerámica, los pavimentos serán estudiados en el punto 4.5.3.9. Solados. Y existe una cubierta plana con protección pesada (grava) que no se va a estudiar, debido a que no existe en el programa este tipo de acabados.

4.5.3.5.2. Revestimiento para cubierta inclinada

La cubierta inclinada se reviste con teja cerámica árabe amorturada.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.53: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento de la cubierta inclinada de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Teja de arcilla	Teja de asfalto	Teja de	Medición (m ²)	Total (€)
-----------	-----------------	-----------------	---------	----------------------------	-----------

		negro	fibrocemento		
Coste inicial	45,82	8,52	20,26	157,76	7.228,56
Coste futuro	-0,62	10,18	2,56	157,76	-97,81
SUMA	45,20	18,7	22,82	157,76	7.130,75

Tabla 4.54: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del revestimiento de la cubierta inclinada de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Teja de arcilla	Teja de asfalto negro	Teja de fibrocemento	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,007	0,11	0,04	157,76	1,10
Toxicidad ecológica (7%)	0,03	0,30	0,17	157,76	4,73
Eutrofización (6%)	0,007	0,07	0,03	157,76	1,10
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,09	0,76	0,24	157,76	14,20
Calentamiento global (29%)	0,15	2,04	0,80	157,76	23,66
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Salud humana (13%)	0,27	0,98	40,48	157,76	42,59
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Smog (4%)	0,01	0,14	0,06	157,76	1,58
Consumo de agua (8%)	0,00	0,07	0,00	157,76	0,00
SUMA	0,56	4,47	41,82	157,76	88,34

Tabla 4.55: Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de la cubierta inclinada de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Teja de arcilla	Teja de asfalto negro	Teja de fibrocemento	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	7.157,76	122.201,55	29.805,90	157,76	1.129.208,22
Polución atmosférica	1,83	34,00	9,56	157,76	288,70

(mcDALYs / m ²)					
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	48,61	505,95	236,45	157,76	7.668,71
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,41	33,50	10,86	157,76	695,72
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	47,23	380,18	84,15	157,76	7.451,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	18.494,90	255.115,10	71.772,93	157,76	2.899.260,52
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	4.736,55	18.837,89	756.344,61	157,76	742.501,58
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	157,76	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	73,28	771,83	229,11	157,76	11.487,37
Consumo de agua (l / m ²)	51,42	3,71	16,36	157,76	8.060,60

Para el revestimiento de la cubierta se ha elegido en el proyecto un material que se comporta bien ambientalmente.

4.5.3.6. Aislamientos

Además de la fibra de vidrio que se estudia, en el proyecto existen dos partidas de espuma de poliuretano proyectado en las cámaras de fachada y en la cubierta inclinada, además de poliestireno extruido para las cubiertas planas. La fibra de vidrio se encuentra en las particiones interiores.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.56: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Fibra de vidrio	Lana mineral	Celulosa	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	17,44	15,67	12,22	4.248,51	74.094,01
Coste futuro	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
SUMA	17,44	15,67	12,22	4.248,51	74.094,01

Tabla 4.57: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Fibra de vidrio	Lana mineral	Celulosa	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
SUMA	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00

Tabla 4.58: Comparativa de los impactos ambientales del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Fibra de vidrio	Lana mineral	Celulosa	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	1.145,22	2.223,00	1.041,00	4.248,51	18.049.837,22
Polución atmosférica (mcDALYs / m^2)	1,89	1,56	0,44	4.248,51	8.029,68
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m^2)	6,44	7,44	4,33	4.248,51	27.360,40
Eutrofización (gr de N / m^2)	0,67	1,11	0,44	4.248,51	2.846,50
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m^2)	2,22	3,67	2,67	4.248,51	9.431,69

Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	1.933,56	4.388,67	1.993,56	4.248,51	8.214.749,00
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	2,03	4,32	2,34	4.248,51	8.624,47
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	4.248,51	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	19,00	29,11	12,56	4.248,51	80.721,69
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	2,44	47,44	4.248,51	0,00

Cualquiera de los tres materiales comparados se comportan bien ambientalmente y se obtienen los mismos resultados para los tres, por lo que se elegirá como material de aislamiento la celulosa, puesto que es el más económico.

4.5.3.7. Revestimientos exteriores

4.5.3.7.1. Revestimiento monocapa

En el proyecto que se está estudiando el revestimiento exterior es un mortero monocapa, material que no se encuentra dentro de la base de datos BEES.

4.5.3.7.2. Revestimiento de enfoscado de cemento

Se revestirán con enfoscado de cemento las fachadas y las cajas de escaleras.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.59: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	20,44	24,33	18,44	179,56	1.343,55	27.462,16
Coste futuro	-2,33	-2,11	-2,44	0,00	1.343,55	-3.130,47
SUMA	18,11	22,22	16,00	179,56	1.343,55	24.331,69

Tabla 4.60: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Salud humana (13%)	15,67	0,00	2,33	0,78	1.343,55	21.053,43
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
SUMA	15,67	0,00	2,33	0,78	1.343,55	21.053,43

Tabla 4.61: Comparativa de los impactos ambientales del aislamiento del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	3.479,78	5.432,89	9.555,56	10.838,22	1.343,55	4.675.258,42
Polución atmosférica (mcDALYs / m^2)	1,45	2,67	2,67	3,00	1.343,55	1.948,15
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m^2)	99,00	43,11	64,33	56,89	1.343,55	133.011,45
Eutrofización (gr	2,44	1,67	2,00	6,22	1.343,55	3.278,26

de N / m ²)						
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	8,33	17,89	40,22	76,22	1.343,55	11.191,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	13.207,11	16.541,00	11.980,78	28.828,44	1.343,55	17.744.412,64
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	2.875,62	29,42	378,98	81,40	1.343,55	3.863.539,25
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,22	0,00	0,00	1.343,55	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	59,89	44,56	35,78	133,44	1.343,55	80.465,21
Consumo de agua (l / m ²)	14,44	0,00	2,44	90,67	1.343,55	19.400,86

Se debería colocar aluminio como revestimiento de fachada, puesto que es la mejor alternativa ambiental de las alternativas propuestas, aunque sea uno de los materiales menos rentable económicamente.

4.5.3.8. Revestimientos interiores verticales

4.5.3.8.1. Enlucido de yeso

En el proyecto, los cerramientos por su parte interior y las particiones interiores están enlucidos con yeso, este material no existe dentro de la base de datos BEES.

4.5.3.8.2. Pintura

En este caso de estudio se utiliza pintura de látex, aunque no se determina de que tipo, como la base de datos del programa dispone de tres tipos de pinturas de látex, veremos cuál es la mejor ambientalmente.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.62: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total (€)
-----------	-------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------

Coste inicial	6,00	5,33	5,33	8.973,62	53.841,72
Coste futuro	16,00	14,67	14,67	8.973,62	143.577,92
SUMA	22,00	20,00	20,00	8.973,62	197.419,64

Tabla 4.63: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
SUMA	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00

Tabla 4.64: Comparativa de los impactos ambientales de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	1.062,33	938,67	582,00	8.973,62	9.532.945,73
Polución atmosférica ($mcDALYs / m^2$)	0,33	0,22	0,11	8.973,62	2.961,29

Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	34,22	22,11	21,22	8.973,62	307.077,28
Eutrofización (gr de N / m ²)	0,44	0,67	0,22	8.973,62	3.948,39
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	6,22	6,22	2,89	8.973,62	55.815,92
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.432,44	2.714,11	1.202,56	8.973,62	21.827.792,23
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	5,85	4,85	4,56	8.973,62	52.495,68
Aire interior (gr COVs / m ²)	227,78	227,78	227,78	8.973,62	2.044.011,16
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	8.973,62	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	226,89	244,44	221,56	8.973,62	2.036.024,64
Consumo de agua (l / m ²)	12,33	1,56	4,78	8.973,62	110.644,73

La pintura de látex que mejor resulta para el medioambiente es la reprocesada.

4.5.3.8.3. Alicatados

Los revestimientos cerámicos para baños y cocinas se colocarán con mortero adhesivo.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.65: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	76,11	15,00	1.594,84	121.383,27
Coste futuro	0,00	2,00	1.594,84	0,00
SUMA	76,11	15,00	1.594,84	121.383,27

Tabla 4.66: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total (l)
-----------	----------------	-----------------	----------------------------	-----------

Acidificación (3%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Salud humana (13%)	2,33	0,78	1.594,84	3.715,98
Aire interior (3%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
SUMA	2,33	0,78	1.594,84	3.715,98

Tabla 4.67: Comparativa de los impactos ambientales de los alicatados de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.096,89	6.048,89	1.594,84	1.749.364,05
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3,11	1,67	1.594,84	4.959,95
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	91,89	32,67	1.594,84	146.549,85
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,33	1,78	1.594,84	6.905,66
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	43,44	28,22	1.594,84	69.279,85
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	26.900,33	10.939,78	1.594,84	42.901.722,30
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	503,29	142,18	1.594,84	802.667,02

Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	1,22	1.594,84	701,73
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	1.594,84	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	129,11	42,77	1.594,84	205.909,79
Consumo de agua (l / m ²)	167,78	28,00	1.594,84	267.582,25

La pieza de vinilo resulta ser más barata y ser mejor producto que la pieza cerámica, medioambientalmente.

4.5.3.9. Solados

4.5.3.9.1. Pavimento de parquet

En las viviendas existen 1.515,18 m² de parquet de madera natural, pero no existe parquet de madera natural en la base de datos de BEES, por lo que no se ha podido estudiar.

4.5.3.9.2. Pavimento cerámico

La baldosa cerámica que se compara tiene en su composición vidrio reciclado. La medición de este apartado son los baños y cocinas de las viviendas.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.68: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo con pegamento de bajos COV	Moqueta de nylon	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	76,11	28,33	15,00	27,33	481,01	36.609,67
Coste futuro	0,00	9,55	2,00	48,89	481,01	0,00
SUMA	76,11	37,88	17,00	76,22	481,01	36.609,67

Tabla 4.69: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo con pegamento de bajos COV	Moqueta de nylon	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	3,11	0,00	0,78	2,33	481,01	1.495,94

Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,78	481,01	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Salud humana (13%)	2,33	0,00	0,78	0,78	481,01	1.120,75
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
SUMA	5,44	0,00	1,56	3,89	481,01	2.616,69

Tabla 4.70: Comparativa de los impactos ambientales del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo	Moqueta de nylon con pegamento de bajos COV	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	10.096,89	6.621,56	6.048,89	23.970,22	481,01	4.856.705,06
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3,11	1,56	1,67	7,44	481,01	1.495,94
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	91,89	81,44	32,67	95,11	481,01	44.200,01
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,33	24,00	1,78	72,44	481,01	2.082,77
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	43,44	26,22	28,22	186,00	481,01	20.895,07
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	26.900,33	9.964,89	10.939,78	65.578,33	481,01	12.939.327,73

Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	503,29	18,77	142,18	43,44	481,01	242.087,52
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	1,33	1,22	103,55	481,01	211,64
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	481,01	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	129,11	129,33	42,78	325,78	481,01	62.103,20
Consumo de agua (l / m ²)	167,78	496,00	28,00	4.683,22	481,01	80.703,86

Las baldosas de linóleo son el material preferible ambientalmente de las alternativas elegidas.

4.5.3.9.3. Pavimento de mármol

Como se ha comentado en el caso anterior, la baldosa cerámica que se compara tiene en su composición vidrio reciclado y la baldosa de mármol comparada no es de piedra, sino que son una mezcla de resina de poliéster y relleno de color para conseguir un efecto tipo mármol.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.71: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Baldosa de mármol	Baldosa de terrazo	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	153,00	188,00	76,11	102,90	15.743,70
Coste futuro	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
SUMA	153,00	188,00	76,11	102,90	15.743,70

Tabla 4.72: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Baldosa de mármol	Baldosa de terrazo	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00

Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Salud humana (13%)	21,89	0,00	2,33	102,90	2.252,48
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
SUMA	21,89	0,00	2,33	102,90	2.252,48

Tabla 4.73: Comparativa de los impactos ambientales del pavimento de mármol de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio plurifamiliar

Categoría	Baldosa de mármol	Baldosa de terrazo	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	8.434,11	13.400,22	10.096,89	102,90	867.869,92
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	2,78	4,56	3,11	102,90	286,06
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	175,89	77,89	91,89	102,90	18.099,08
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,89	15,78	4,33	102,90	503,18
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	96,11	70,00	43,44	102,90	9.889,72
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	28.315,44	28.315,44	26.900,33	102,90	2.913.658,78
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.932,98	38,61	503,29	102,90	404.703,64

Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	0,44	0,00	102,90	45,28
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	102,90	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	232,22	211,78	129,11	102,90	23.895,44
Consumo de agua (l / m ²)	845,56	1.057,78	167,78	102,90	87.008,12

Ambientalmente la baldosa de terrazo es mejor que el compuesto de mármol, que forma parte de la base de datos BEES, pero no se ha podido comparar baldosas de piedra de mármol.

4.6. EDIFICIO PÚBLICO: CLUB NATACIÓ SABADELL

4.6.1. SITUACIÓN

El solar está ubicado entre la C/ Sarajevo y la C/ Budapest, perteneciente al municipio de Sabadell. El solar está en una zona urbanizada, formada por edificios plurifamiliares.

4.6.2. DESCRIPCIÓN

La parcela tiene una superficie de 37.570 m², en la que se dispone una zona de parkings en los dos sótanos que existen en una zona de la parcela y en planta baja, en el sótano -1 también se dispone la zona de máquinas de la piscina, la zona de piscinas exteriores se sitúa en la planta baja junto con una zona multiusos, en la primera planta una zona de bar, que se sitúa encima de los vestuarios y varias pistas deportivas (padel, baloncesto, fútbol, tenis, petanca, etc). En la zona de multiusos de planta baja se sitúa un edificio de dos plantas donde se sitúan el gimnasio y oficinas.

El proyecto es del año 2007.

4.6.3. COMPARATIVAS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MATERIAL DE PROYECTO Y SUS ALTERNATIVAS

La columna sombreada en gris serán los datos del material que está previsto en el proyecto, la columna total será la del producto de proyecto por la medición del mismo.

Para la realización del estudio se va a tener en cuenta los sótanos, la planta baja (piscinas y zona multiusos) y el edificio donde se ubicará el gimnasio y las oficinas. La zona de pistas deportivas no se tendrá en cuenta puesto que el programa BEES, no dispone en su base de datos de los materiales que las compondrían.

4.6.3.1. Cimentación

4.6.3.1.1. Muros pantalla y muros encofrados a 1 o 2 caras

En el proyecto existen 578 m² de muros pantalla y 5.152 m² de muros encofrados a 1 cara. La armadura utilizada para ambos casos es B 500 S, el hormigón a utilizar en las pantallas es HA-25/B/20/Ila y para los muros a una cara se utilizan dos tipos de hormigón HA-25/B/12/Ila y HA-30/B/12/IV.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.74: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	71,67	67,22	69,89	71,67	5.829,28	417.784,50
Coste futuro	-8,22	-7,67	-8,00	-8,22	5.829,28	-47.916,68
SUMA	63,45	59,55	61,89	63,45	5.829,28	369.867,82

Tabla 4.75: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00

Calentamiento global (29%)	0,78	0,78	0,78	0,78	5.829,28	4.546,84
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Salud humana (13%)	142,33	114,22	114,22	135,33	5.829,28	829.681,42
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
SUMA	143,11	115,00	115,00	136,11	5.829,28	834.228,26

Tabla 4.76: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de los muros de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	22.541,33	20.156,89	20.672,44	22.157,33	5.829,28	131.399.724,10
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	24,89	23,33	23,55	24,55	5.829,28	145.090,78
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	516,67	438,78	441,89	498,11	5.829,28	3.011.814,10
Eutrofización (gr de N / m ²)	17,00	15,67	15,78	16,78	5.829,28	99.097,76
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	50,89	48,11	48,89	50,89	5.829,28	296.652,06
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	76.385,44	66.340,67	67.515,22	74.337,33	5.829,28	445.272.117,70
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	25.742,46	20.628,89	20.629,79	24.482,80	5.829,28	150.060.007,20
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	5.829,28	0,00

Smog (gr NOx / m ²)	448,00	411,33	414,33	443,78	5.829,28	2.611.517,44
Consumo de agua (l / m ²)	96,78	88,89	88,89	100,33	5.829,28	564.157,72

Como en los dos casos de estudio anteriores se ha de elegir el hormigón que tiene un 20% de cenizas volantes.

4.6.3.1.2. Zapatas y riostras

Para la cimentación se utilizan zapatas corridas bajo muros, con armado B 500 S y dos tipos de hormigones: HA-25/B/12/IIa y HA-30/B/12/IV.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.77: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	16,55	15,67	16,22	16,55	577,59	9.559,11
Coste futuro	-1,89	-1,78	-1,78	-1,89	577,59	-1.091,64
SUMA	14,66	13,89	14,44	14,66	577,59	8.467,47

Tabla 4.78: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,78	0,78	0,78	577,59	450,52
Alteración del	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00

hábitat (6%)						
Salud humana (13%)	72,00	57,89	57,89	68,00	577,59	41.586,48
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
SUMA	72,78	58,67	58,67	68,78	577,59	42.037,00

Tabla 4.79: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de zapatas y riostras de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	13.766,22	12.555,22	12.809,00	13.564,00	577,59	7.951.231,01
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	13,78	13,00	13,00	13,55	577,59	7.959,19
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	321,55	283,11	284,67	313,22	577,59	185.724,06
Eutrofización (gr de N / m ²)	14,44	13,78	13,89	14,44	577,59	8.340,40
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	34,78	33,44	33,78	34,78	577,59	20.088,58
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	49.520,89	44.534,67	45.123,78	48.504,44	577,59	28.602.770,86
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	12.992,99	10.396,18	10.438,85	12.368,70	577,59	7.504.621,09
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	577,59	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	256,00	238,11	239,55	254,89	577,59	147.863,04
Consumo de agua (l / m ²)	65,00	61,00	61,00	66,78	577,59	37.543,35

Idem al apartado anterior.

4.6.3.1.3. Solera

En las fichas de los materiales que dispone el programa aparece un hormigón genérico para pavimentación, que no tiene el software en su base de datos, por lo que no puedo realizar una comparación del material de proyecto con las alternativas de la ficha B.46 (Anexo B)

4.6.3.2. Estructura

4.6.3.2.1. Losas

El hormigón que se utiliza para el techo del sanitario es HA-30/B/12/IIa y para el resto del proyecto HA-30/B/12IIa, junto con armado B 500 S.

Unidad funcional: 1 m³ de producto para servir 50 años

Tabla 4.80: Comparativa del desempeño económico (€/m³) del hormigón de losas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	781,80	744,84	767,64	781,80	2.112,00	1.651.161,60
Coste futuro	-89,16	-84,95	-87,55	-89,16	2.112,00	-188.305,92
SUMA	692,64	659,89	680,09	692,64	2.112,00	1.462.855,68

Tabla 4.81: Comparativa del desempeño ambiental (l/m³) del hormigón de losas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,09	0,09	0,09	0,09	2.112,00	190,08
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00

Calentamiento global (29%)	0,18	0,18	0,18	0,18	2.112,00	380,16
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Salud humana (13%)	37,97	30,47	30,47	36,13	2.112,00	80.192,64
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
SUMA	38,24	30,74	30,74	36,40	2.112,00	80.762,88

Tabla 4.82: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de losas de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	5.816,05	5.173,50	5.321,70	7.169,93	2.112,00	12.283.497,60
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	5,37	4,96	5,00	5,20	2.112,00	11.341,44
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	150,09	129,42	130,09	145,04	2.112,00	316.990,08
Eutrofización (gr de N / m ²)	5,17	4,83	4,87	5,09	2.112,00	10.919,04
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	13,25	12,51	12,74	13,08	2.112,00	27.984,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	21.394,80	18.765,21	19.071,78	20.741,12	2.112,00	45.185.817,60
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	58.145,96	46.654,99	46.658,13	55.295,92	2.112,00	122.804.267,50
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112,00	0,00

Smog (gr NOx / m ²)	105,26	95,60	96,64	102,97	2.112,00	222.309,12
Consumo de agua (l / m ²)	27,10	25,00	25,00	26,58	2.112,00	57.235,20

Idem al apartado anterior.

4.6.3.2.2. Pilares

El hormigón utilizado para la zona de piscina y vestuarios es HA-30/B/12/IV y para el edificio un HA-30/30/B/12/IIa.

Unidad funcional: 1 m³ de producto para servir 50 años

Tabla 4.83: Comparativa del desempeño económico (€/m³) del hormigón de pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ³)	Total (€)
Coste inicial	792,37	748,81	775,55	792,37	122,50	97.065,32
Coste futuro	-90,37	-85,41	-88,46	-90,37	122,50	-11.070,32
SUMA	702,00	663,40	687,09	702,00	122,50	85.995,00

Tabla 4.84: Comparativa del desempeño ambiental (l/m³) del hormigón de pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ³)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,07	0,07	0,07	0,07	122,50	8,57
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Calentamiento global (29%)	0,14	0,14	0,14	0,14	122,50	17,15
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00

Salud humana (13%)	29,21	23,44	23,51	27,74	122,50	3.578,22
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
SUMA	29,42	23,65	23,72	23,93	122,50	3.603,95

Tabla 4.85: Comparativa de los impactos ambientales del hormigón de pilares de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Hormigón con 100% Portland	Hormigón con 20% Cenizas volantes	Hormigón con 20% Escorias	Hormigón con 20% de Caliza	Medición (m ³)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	6.569,93	5.934,05	6.075,58	6.421,05	122,50	804.816,42
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	5,64	5,24	5,28	5,47	122,50	690,90
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	189,33	168,88	169,64	184,26	122,50	23.192,92
Eutrofización (gr de N / m ²)	6,21	5,87	5,91	6,13	122,50	760,72
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	16,79	16,05	16,28	16,57	122,50	2.056,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	25.009,37	22.326,34	22.604,63	24.344,53	122,50	2.696.147,82
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	58.773,24	47.282,38	47.285,64	55.923,21	122,50	7.199.721,90
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	122,50	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	113,63	103,96	105,00	111,34	122,50	13.919,67
Consumo de agua (l / m ²)	38,03	35,92	35,92	38,55	122,50	4.658,67

Idem al apartado anterior.

4.6.3.3. Cerramientos

Los cerramientos son de fábrica tradicional de ladrillo y mortero de cemento.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.86: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	106,00	55,78	71,78	1.522,87	161.424,22
Coste futuro	-11,44	0,00	0,00	1.522,87	-17.421,63
SUMA	94,56	55,78	71,78	1.522,87	144.002,59

Tabla 4.87: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Calentamiento global (29%)	0,78	0,00	0,00	1.522,87	1.187,84
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Salud humana (13%)	21,78	10,11	10,11	1.522,87	33.168,11
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00

SUMA	22,56	10,11	10,11	1.522,87	34.355,95
-------------	--------------	--------------	--------------	-----------------	------------------

Tabla 4.88: Comparativa de los impactos ambientales del cerramiento de fábrica de ladrillo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Ladrillo y mortero	Dryvit Out	Dryvit Out Plus	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	54.392,00	5.379,89	5.727,44	1.522,87	82.831.945,04
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	15,00	1,67	1,78	1.522,87	22.843,05
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	225,67	65,00	70,89	1.522,87	343.666,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	14,00	3,00	3,11	1.522,87	21.320,18
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	281,44	37,55	39,89	1.522,87	428.596,53
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	84.303,11	18.589,33	19.502,22	1.522,87	128.382.677,10
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.544,19	1.887,92	1.890,18	1.522,87	5.397.340,62
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	1.522,87	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	281,78	85,89	89,33	1.522,87	429.114,31
Consumo de agua (l / m ²)	42,00	151,22	160,11	1.522,87	68.529,15

Como en el caso del estudio anterior, el cerramiento que deberíamos poner en los cerramientos es el Dryvit Out, puesto que tiene el doble de mejor desempeño ambiental que la fábrica tradicional, ladrillo y mortero; y mejor desempeño económico que el Dryvit Out Plus.

4.6.3.4. Particiones interiores

Las divisorias están formadas por una placa de resinas sintéticas de 13 mm de espesor.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.89: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de las particiones interiores de placas de resina sintética de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Cartón-Yeso	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	61,78	157,11	112,22	5,78	95,59	5.905,55
Coste futuro	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
SUMA	61,78	157,11	112,22	5,78	95,59	5.905,55

 Tabla 4.90: Comparativa del desempeño ambiental (I/m²) de las particiones interiores de placas de resina sintética de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Cartón-Yeso	Medición (m ²)	Total (I)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,78	0,78	0,00	95,59	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,78	0,78	0,00	95,59	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
SUMA	0,00	1,56	1,56	0,00	95,59	0,00

Tabla 4.91: Comparativa de los impactos ambientales de las particiones interiores de placas de resina sintética de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Panel P&M	Panel Trespa Virtuon	Panel Trespa Athlon	Cartón-Yeso	Medición (m ²)	Total
-----------	-----------	----------------------	---------------------	-------------	----------------------------	-------

Acidificación (mg de iones de H / m ²)	14.152,78	21.425,55	18.346,44	9.058,11	95,59	1.352.864,24
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	4,00	6,55	6,00	3,22	95,59	382,36
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	85,78	292,78	278,33	70,67	95,59	8.199,71
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,00	30,89	27,67	7,22	95,59	382,36
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	26,67	104,11	98,55	42,89	95,59	2.549,38
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	12.757,67	54.666,22	51.276,78	21.483,55	95,59	1.219.505,67
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	44,79	165,12	150,28	38,72	95,59	4.281,48
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	95,59	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	107,44	325,55	245,44	60,11	95,59	10.270,19
Consumo de agua (l / m ²)	1,78	95,22	94,11	11,33	95,59	170,15

Es una buena elección ambientalmente este panel de resinas sintéticas.

4.6.3.5. Cubiertas

4.6.3.5.1. Revestimientos para cubierta plana

En el proyecto hay una cubierta plana con pavimento de piezas de hormigón prefabricado, este material no se encuentra en la base de datos de BEES, otra cubierta plana del proyecto escon protección pesada, este material tampoco se encuentra en el programa.

4.6.3.6. Aislamientos

Además de la lana de vidrio utilizada en fachada, existe en la obra poliestireno expandido, tanto en la zona de la piscina como en el edificio.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.92: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Fibra de vidrio	Lana mineral	Celulosa	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	17,44	15,67	12,22	271,44	4.733,91
Coste futuro	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
SUMA	17,44	15,67	12,22	271,44	4.733,91

Tabla 4.93: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Fibra de vidrio	Lana mineral	Celulosa	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
SUMA	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00

Tabla 4.94: Comparativa de los impactos ambientales del aislamiento de fibra de vidrio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Fibra de vidrio	Lana mineral	Celulosa	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.145,22	2.223,00	1.041,00	271,44	310.858,52
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	1,89	1,56	0,44	271,44	513,02
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	6,44	7,44	4,33	271,44	1.748,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	0,67	1,11	0,44	271,44	181,86
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	2,22	3,67	2,67	271,44	602,60
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	1.933,56	4.388,67	1.993,56	271,44	524.845,53
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	2,03	4,32	2,34	271,44	551,02
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	271,44	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	19,00	29,11	12,56	271,44	5.157,36
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	2,44	47,44	271,44	0,00

Ambientalmente la fibra de vidrio es un buen material, aunque sadría más económica la celulosa.

4.6.3.7. Revestimientos exteriores

4.6.3.7.1. Revestimiento de aluminio

En el proyecto hay un cierre de lamas horizontales de aluminio, con estructura de tubo 150x150x2,5 mm, colocado con fijaciones mecánicas sobre la estructura de hormigón.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.95: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento de aluminio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Aluminio	Cedro	Vinilo	Enfoscado	Medición	Total (€)
-----------	----------	-------	--------	-----------	----------	-----------

					(m ²)	
Coste inicial	24,31	37,14	18,49	20,41	531,38	12.917,85
Coste futuro	-2,07	9,00	2,47	-2,31	531,38	-1.099,96
SUMA	22,24	46,14	20,96	18,10	531,38	11.817,89

Tabla 4.96: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del revestimiento de aluminio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Aluminio	Cedro	Vinilo	Enfoscado	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,00	15,67	531,38	164,73
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
SUMA	0,00	0,00	0,00	15,67	531,38	0,00

Tabla 4.97: Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de aluminio de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Aluminio	Cedro	Vinilo	Enfoscado	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	5.432,89	2.437,22	2.437,22	3.479,78	531,38	2.886.929,09
Polución	2,67	1,00	2,67	1,44	531,38	1.418,78

atmosférica (mcDALYs / m ²)						
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	43,11	26,22	64,33	99,00	531,38	22.907,79
Eutrofización (gr de N / m ²)	1,67	5,57	2,00	2,44	531,38	887,40
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	17,89	16,44	40,22	8,33	531,38	9.506,39
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	16.541,00	7.332,00	11.980,78	13.207,11	531,38	8.789.556,58
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	29,42	50,83	390,32	2.873,73	531,38	15.633,20
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	531,38	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,22	0,00	0,00	0,00	531,38	116,90
Smog (gr NOx / m ²)	44,55	33,00	35,78	59,89	531,38	23.672,98
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	80,78	2,44	14,44	531,38	0,00

El revestimiento de cedro y el de vinilo son los que mejor se comportan ambientalmente, mejor que el aluminio.

4.6.3.8. Revestimientos interiores verticales

4.6.3.8.1. Revestimiento de enfoscado de cemento

En este proyecto se revisten los vestuarios y escaleras con mortero de cemento 1:6.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.98: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	20,44	24,33	18,44	179,56	534,42	10.923,54
Coste futuro	-2,33	-2,11	-2,44	0,00	534,42	-1.245,20

SUMA	18,11	22,22	16,00	179,56	534,42	9.678,35
-------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------	-----------------

Tabla 4.99: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Salud humana (13%)	15,67	0,00	2,33	0,78	534,42	8.374,36
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
SUMA	15,67	0,00	2,33	0,78	534,42	8.374,36

Tabla 4.100: Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento de enfoscado de cemento de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Enfoscado de cemento	Revestimiento de aluminio	Revestimiento de vinilo	Revestimiento de paneles Trespa	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	3.479,78	5.432,89	9.555,56	10.838,22	534,42	1.859.664,03
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	1,45	2,67	2,67	3,00	534,42	774,91
Toxicidad ecológica (gr 2,4-	99,00	43,11	64,33	56,89	534,42	52.907,58

D / m ²)						
Eutrofización (gr de N / m ²)	2,44	1,67	2,00	6,22	534,42	1.303,98
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	8,33	17,89	40,22	76,22	534,42	4.451,72
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	13.207,11	16.541,00	11.980,78	28.828,44	534,42	7.058.143,73
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	2.875,62	29,42	378,98	81,40	534,42	1.536.788,84
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	534,42	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,22	0,00	0,00	534,42	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	59,89	44,56	35,78	133,44	534,42	32.006,41
Consumo de agua (l / m ²)	14,44	0,00	2,44	90,67	534,42	7.717,02

El revestimiento de aluminio entre los materiales comparados, es el que mejor se comporta ambientalmente.

4.6.3.8.2. Pintura

En este caso de estudio se utiliza pintura plástica, pero como este tipo de pintura no se encuentra en la base de datos BEES, se realizará la comparación con pintura de látex, como la base de datos del programa dispone de tres tipos de pinturas de látex, veremos cuál es la mejor ambientalmente.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.101: Comparativa del desempeño económico (€/m²) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	6,00	5,33	5,33	3.704,32	22.225,92
Coste futuro	16,00	14,67	14,67	3.704,32	59.269,12
SUMA	22,00	20,00	20,00	3.704,32	81.495,04

Tabla 4.102: Comparativa del desempeño ambiental (l/m^2) de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m^2)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Salud humana (13%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
SUMA	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00

Tabla 4.103: Comparativa de los impactos ambientales de la pintura de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Pintura de látex virgen	Pintura de látex consolidada	Pintura de látex reprocesada	Medición (m^2)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m^2)	1.062,33	938,67	582,00	3.704,32	3.935.210,27
Polución atmosférica ($mcDALYs / m^2$)	0,33	0,22	0,11	3.704,32	1.222,42
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m^2)	34,22	22,11	21,22	3.704,32	126.761,83
Eutrofización (gr de N / m^2)	0,44	0,67	0,22	3.704,32	1.629,90
Agotamiento de los	6,22	6,22	2,89	3.704,32	23.040,87

combustibles fósiles (MJ / m ²)					
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.432,44	2.714,11	1.202,56	3.704,32	9.010.536,14
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	5,85	4,85	4,56	3.704,32	21.670,27
Aire interior (gr COVs / m ²)	227,78	227,78	227,78	3.704,32	843.770,01
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	3.704,32	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	226,89	244,44	221,56	3.704,32	840.473,16
Consumo de agua (l / m ²)	12,33	1,56	4,78	3.704,32	45.674,26

La pintura de látex reprocesada debería ser la proyectada, puesto que es la que mejor se comporta ambientalmente.

4.6.3.8.3. Alicatados

Aplacado cerámico para la zona de vestuarios y baños.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.104: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del alicatado de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	76,11	15,00	581,86	44.285,36
Coste futuro	0,00	2,00	581,86	0,00
SUMA	76,11	15,00	581,86	44.285,36

Tabla 4.105: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del alicatado de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Toxicidad ecológica	0,00	0,00	581,86	0,00

(7%)				
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Salud humana (13%)	2,33	0,78	581,86	1.355,73
Aire interior (3%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	581,86	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	581,86	0,00
SUMA	2,33	0,78	581,86	1.355,73

Tabla 4.106: Comparativa de los impactos ambientales del alicatado de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Pieza cerámico	Pieza de vinilo	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.096,89	6.048,89	581,86	638.236,41
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	3,11	1,67	581,86	1.809,58
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	91,89	32,67	581,86	53.467,11
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,33	1,78	581,86	2.519,45
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	43,44	28,22	581,86	25.276,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	26.900,33	10.939,78	581,86	15.652.226,01
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	581,86	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	503,29	142,18	581,86	292.844,32
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	1,22	581,86	256,02
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	581,86	0,00

Smog (gr NOx / m ²)	129,11	42,77	581,86	75.123,94
Consumo de agua (l / m ²)	167,78	28,00	581,86	97.624,47

Como revestimiento interior, en vez de colocar piezas cerámicas, se deberían colocar piezas de vinilo, puesto que son mejores ambientalmente.

4.6.3.8.4. Revestimiento de madera

Revestimiento de fibras de madera y resinas sintéticas OSB de densidad media y 13 mm de espesor, se utilizan para revestir las escaleras y otras zonas del edificio.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.107: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del revestimiento interior de madera de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Madera OSB	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	8,37	5,33	396,24	3.316,53
Coste futuro	-0,64	14,67	396,24	-253,59
SUMA	7,73	20,00	396,24	3.062,93

Tabla 4.108: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del revestimiento interior de madera de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Madera OSB	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	396,24	0,00

Salud humana (13%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Aire interior (3%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	396,24	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	396,24	0,00
SUMA	0,00	0,00	396,24	0,00

Tabla 4.109: Comparativa de los impactos ambientales del revestimiento interior de madera de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Madera OSB	Pintura de látex reprocesada	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	13.897,78	582,00	396,24	5.506.856,35
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	2,56	0,11	396,24	1.014,37
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	23,22	21,22	396,24	9.200,69
Eutrofización (gr de N / m ²)	18,22	0,22	396,24	7.219,49
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	9,44	2,89	396,24	3.740,50
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	8.931,33	1.202,56	396,24	3.538.950,20
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	396,24	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	28,93	4,56	396,24	11.463,22
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	227,78	396,24	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	396,24	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	402,78	221,56	396,24	159.597,55
Consumo de agua (l / m ²)	19,33	4,78	396,24	7.659,32

Tanto la madera OSB como la pintura de látex reprocesada son buenos materiales ambientalmente, puesto que se obtienen los mismos resultados, pero económicamente la madera OSB es más rentable.

4.6.3.9. Solados

4.6.3.9.1. Pavimento de parquet

Existen 902,62 m² de parquet de madera natural en el proyecto, pero no existe parquet de madera natural en la base de datos de BEES, por lo que no se ha podido estudiar.

4.6.3.9.2. Terrazo

El pavimento de terrazo de 40x40, para colocar en varias zonas del edificio.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.110: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del pavimento de terrazo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Baldosa de terrazo	Baldosa de mármol	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	188,00	153,00	76,11	966,96	181.788,48
Coste futuro	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
SUMA	188,00	153,00	76,11	966,96	181.788,48

Tabla 4.111: Comparativa del desempeño ambiental (l/m²) del pavimento de terrazo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Baldosa de terrazo	Baldosa de mármol	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total (l)
Acidificación (3%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Salud humana (13%)	0,00	21,89	2,33	966,96	0,00

Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
SUMA	0,00	21,89	2,33	966,96	0,00

Tabla 4.112: Comparativa de los impactos ambientales del pavimento de terrazo de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Baldosa de terrazo	Baldosa de mármol	Baldosa cerámica	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	13.400,22	8.434,11	10.096,89	966,96	12.957.476,73
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	4,56	2,78	3,11	966,96	4.409,34
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	77,89	175,89	91,89	966,96	75.316,51
Eutrofización (gr de N / m ²)	15,78	4,89	4,33	966,96	15.258,63
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	70,00	96,11	43,44	966,96	67.687,20
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	28.315,44	28.315,44	26.900,33	966,96	27.379.897,86
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	38,61	3.932,98	503,29	966,96	37.334,32
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	0,44	0,00	966,96	425,46
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	966,96	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	211,78	232,22	129,11	966,96	204.782,79
Consumo de agua (l / m ²)	1.057,78	845,56	167,78	966,96	1.022.830,95

El pavimento de terrazo proyectado para la obra es el mejor material de los comparados, ambientalmente.

4.6.3.9.3. Pavimento cerámico



La baldosa cerámica que se compara tiene en su composición vidrio reciclado. Este tipo de pavimento está proyectado para utilizarse en la cocina, baños, vestuarios y en la playa de la piscina.

Unidad funcional: 1 m² de producto para servir 50 años

Tabla 4.113: Comparativa del desempeño económico (€/m²) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo con pegamento de bajos COV	Moqueta de nylon	Medición (m ²)	Total (€)
Coste inicial	76,11	28,33	15,00	27,33	746,44	56.811,55
Coste futuro	0,00	9,55	2,00	48,89	746,44	0,00
SUMA	76,11	37,88	17,00	76,22	746,44	56.811,55

Tabla 4.114: Comparativa del desempeño ambiental (I/m²) del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo	Moqueta de nylon con pegamento de bajos COV	Medición (m ²)	Total (I)
Acidificación (3%)	3,11	0,00	0,78	2,33	746,44	2.321,43
Polución atmosférica (9%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Toxicidad ecológica (7%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Eutrofización (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (10%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Calentamiento global (29%)	0,00	0,00	0,00	0,78	746,44	0,00
Alteración del hábitat (6%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Salud humana (13%)	2,33	0,00	0,78	0,78	746,44	1.739,20
Aire interior (3%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Agotamiento del ozono (2%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Smog (4%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00

Consumo de agua (8%)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
SUMA	5,44	0,00	1,56	3,89	746,44	4.060,63

Tabla 4.115: Comparativa de los impactos ambientales del pavimento cerámico de proyecto con otro tipo de materiales en el edificio público

Categoría	Baldosa cerámica	Baldosa de Linóleo	Baldosa de vinilo	Moqueta de nylon con pegamento de bajos COV	Medición (m ²)	Total
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	10.096,89	6.621,56	6.048,89	23.970,22	746,44	7.536.722,57
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3,11	1,56	1,67	7,44	746,44	2.321,43
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	91,89	81,44	32,67	95,11	746,44	68.590,37
Eutrofización (gr de N / m ²)	4,33	24,00	1,78	72,44	746,44	3.232,08
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	43,44	26,22	28,22	186,00	746,44	32.425,35
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	26.900,33	9.964,89	10.939,78	65.578,33	746,44	20.079.482,33
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	503,29	18,77	142,18	43,44	746,44	375.675,79
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,44	1,33	1,22	103,55	746,44	328,43
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	746,44	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	129,11	129,33	42,78	325,78	746,44	96.372,87
Consumo de agua (l / m ²)	167,78	496,00	28,00	4.683,22	746,44	125.237,70

Las baldosas cerámicas deberían cambiarse por baldosas de linóleo, que son mejores ambientalmente.

5. COMPARATIVOS

5.1. COMPARATIVA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON EDIFICIO PLURIFAMILIAR

5.1.1. Cimentación

Tabla 5.1: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	1.204,51	148.976,58
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	75.301,22	24.017.773,04
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	75,38	26.179,48
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	1.758,88	551.954,40
Eutrofización (gr de N / m ²)	78,99	19.086,99
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	190,25	55.111,12
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	270.879,27	82.077.517,02
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	71.071,65	26.774.081,62
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	1.400,32	473.121,92
Consumo de agua (l / m ²)	355,55	104.533,35

5.1.2. Estructura

Tabla 5.2: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	6.898,57	40.689,24
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.049.536,18	6.316.754,85
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	968,80	5.806,23
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.094,28	164.221,74
Eutrofización (gr de N / m ²)	932,97	5.637,72
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	2.391,65	14.502,20
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	3.860.903,06	23.288.156,96
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	10.489.625,81	62.729.025,22
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	18.992,75	113.999,19
Consumo de agua (l / m ²)	4.899,01	29.886,83

5.1.3. Cerramientos

Tabla 5.3: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.840,61	28.095,32
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	9.259.694,08	67.737.621,12
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	2.553,60	18.680,40
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	38.418,06	281.040,39
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.383,36	17.435,04
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	47.912,35	350.494,12
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	14.351.761,45	104.987.721,10
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	603.362,91	4.413.792,46
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	47.970,23	350.917,54
Consumo de agua (l / m ²)	7.150,08	52.305,12

5.1.4. Particiones interiores

Tabla 5.4: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	4.599,31	0,00

Acidificación (mg de iones de H / m ²)	11.088.897,04	30.204.901,86
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3.058,05	10.737,31
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	46.007,34	235.654,06
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.854,18	24.075,59
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	57.377,17	143.019,71
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	17.186.875,04	71.638.401,32
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	722.554,01	129.114,55
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	57.446,49	200.441,00
Consumo de agua (l / m ²)	8.562,54	37.780,68

5.1.5. Cubiertas

Tabla 5.5: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	21,09	88,34
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	269.632,82	1.129.208,22
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	68,94	288,70

Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	1.831,14	7.668,71
Eutrofización (gr de N / m ²)	166,12	695,72
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	1.779,15	7.451,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	696.702,88	2.899.260,52
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	178.425,84	742.501,58
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	2.760,46	11.487,37
Consumo de agua (l / m ²)	1.936,99	8.060,60

5.1.6. Aislamientos

Tabla 5.6: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	0,00	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	0,00	18.049.837,22
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	0,00	8.029,68
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	0,00	27.360,40
Eutrofización (gr de N / m ²)	0,00	2.846,50
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	0,00	9.431,69

Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	0,00	8.214.749,00
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	0,00	8.624,47
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	0,00	80.721,69
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	0,00

5.1.7. Revestimientos exteriores

Tabla 5.7: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.194,64	21.053,43
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	709,422,75	4.675.258,42
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	295,61	1.948,15
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	20.183,13	133.011,45
Eutrofización (gr de N / m ²)	497,44	3.278,26
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	1.698,24	11.191,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.692.533,52	17.744.412,64
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	586.252,65	3.863.539,25

Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	12.209,77	80.465,21
Consumo de agua (l / m ²)	2.943,88	19.400,86

5.1.8. Revestimientos interiores verticales

Tabla 5.8: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	205,06	3.715,98
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	699.016,50	11.282.309,78
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	460,86	7.921,24
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.494,43	453.627,13
Eutrofización (gr de N / m ²)	630,62	10.854,05
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	7.350,70	125.095,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	3.747.007,74	62.729.514,53
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	47.612,26	855.162,70
Aire interior (gr COVs / m ²)	129.219,59	2.044.712,89
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00

Smog (gr NOx / m ²)	140.039,10	2.241.934,43
Consumo de agua (l / m ²)	21.759,03	378.226,98

5.1.9. Solados

Tabla 5.9: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los solados interiores de la vivienda unifamiliar y edificio plurifamiliar

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Desempeño ambiental (l/m ²)	431,38	4.869,17
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	681.546,89	5.724.574,98
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	210,60	1.782,00
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	6.569,42	62.299,09
Eutrofización (gr de N / m ²)	296,98	2.585,95
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	3.153,58	30.784,79
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	1.837.417,38	15.852.986,51
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	46.968,94	646.791,16
Aire interior (gr COVs / m ²)	29,97	256,92
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	9.175,18	85.998,64
Consumo de agua (l / m ²)	13.935,28	167.711,98

De forma general la vivienda unifamiliar tiene menor desempeño ambiental, por lo que emiten menos emisiones.

Los aislamientos que se utilizan en la vivienda unifamiliar no están disponibles en el programa informático, por lo que no tiene ningún impacto para el medioambiente. Para el proyecto de edificio plurifamiliar se estudia la lana de roca que tampoco tiene desempeño ambiental, pero si existen valores de los impactos ambientales de la lana de roca del edificio plurifamiliar.

5.2. COMPARATIVA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON EDIFICIO PÚBLICO

5.2.1. Cimentación

Tabla 5.10: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	1.204,51	876.265,26
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	75.301,22	139.350.955,10
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	75,38	153.049,97
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	1.758,88	3.197.538,16
Eutrofización (gr de N / m ²)	78,99	107.438,16
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	190,25	316.740,64
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	270.879,27	473.874.888,60
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	71.071,65	157.564.628,30
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00

Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	1.400,32	2.759.380,48
Consumo de agua (l / m ²)	355,55	601.701,07

5.2.2. Estructura

Tabla 5.11: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	6.898,57	84.366,83
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.049.536,18	13.088.314,02
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	968,80	12.032,34
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.094,28	340.183,00
Eutrofización (gr de N / m ²)	932,97	11.679,76
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	2.391,65	30.040,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	3.860.903,06	47.881.965,42
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	10.489.625,81	130.003.989,40
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	18.992,75	236.228,79

Consumo de agua (l / m ²)	4.899,01	61.893,87
---------------------------------------	----------	-----------

5.2.3. Cerramientos

Tabla 5.12: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.840,61	34.355,95
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	9.259.694,08	82.831.945,04
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	2.553,60	22.843,05
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	38.418,06	343.666,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.383,36	21.320,18
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	47.912,35	428.596,53
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	14.351.761,45	128.382.677,10
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	603.362,91	5.397.340,62
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	47.970,23	429.114,31
Consumo de agua (l / m ²)	7.150,08	68.529,15

5.2.4. Particiones interiores

Tabla 5.13: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	4.599,31	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	11.088.897,04	1.352.864,24
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	3.058,05	382,36
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	46.007,34	8.199,71
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.854,18	382,36
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	57.377,17	2.549,38
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	17.186.875,04	1.219.505,67
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	722.554,01	4.281,48
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	57.446,49	10.270,19
Consumo de agua (l / m ²)	8.562,54	170,15

5.2.5. Cubiertas

Tabla 5.14: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
-----------	----------------------	------------------

Desempeño ambiental (l/m ²)	21,09	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	269.632,82	0,00
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	68,94	0,00
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	1.831,14	0,00
Eutrofización (gr de N / m ²)	166,12	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	1.779,15	0,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	696.702,88	0,00
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	178.425,84	0,00
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	2.760,46	0,00
Consumo de agua (l / m ²)	1.936,99	0,00

5.2.6. Aislamientos

Tabla 5.15: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	0,00	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	0,00	310.858,52

Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	0,00	513,02
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	0,00	1.748,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	0,00	181,86
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	0,00	602,60
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	0,00	524.845,53
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	0,00	551,02
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	0,00	5.157,36
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	0,00

5.2.7. Revestimientos exteriores

Tabla 5.16: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.194,64	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	709,422,75	2.886.929,09
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	295,61	1.418,78
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	20.183,13	22.907,79

Eutrofización (gr de N / m ²)	497,44	887,40
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	1.698,24	9.506,39
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.692.533,52	8.789.556,58
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	586.252,65	15.633,20
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	116,90
Smog (gr NOx / m ²)	12.209,77	23.672,98
Consumo de agua (l / m ²)	2.943,88	0,00

5.2.8. Revestimientos interiores verticales

Tabla 5.17: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	205,06	9.730,09
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	699.016,50	11.939.967,06
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	460,86	4.821,28
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.494,43	242.337,21
Eutrofización (gr de N / m ²)	630,62	12.672,82
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	7.350,70	56.509,09

Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	3.747.007,74	35.259.856,08
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	47.612,26	1.862.766,65
Aire interior (gr COVs / m ²)	129.219,59	844.026,03
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	140.039,10	1.107.201,06
Consumo de agua (l / m ²)	21.759,03	158.675,07

5.2.9. Solados

Tabla 5.18: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los pavimentos de la vivienda unifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	431,38	4.060,63
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	681.546,89	20.494.199,30
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	210,60	6.730,77
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	6.569,42	143.906,88
Eutrofización (gr de N / m ²)	296,98	18.490,71
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	3.153,58	100.112,55
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	1.837.417,38	47.459.380,19
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00

Salud humana (Kg tolueno / m ²)	46.968,94	413.010,11
Aire interior (gr COVs / m ²)	29,97	753,89
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	9.175,18	301.155,66
Consumo de agua (l / m ²)	13.935,28	1.148.068,65

Para las partidas de cimentación, estructura, cerramientos y revestimientos interiores (acabados verticales y solados), el desempeño ambiental es menor en la vivienda unifamiliar que en el edificio público, mientras que el desempeño ambiental es menor en el edificio público para las particiones interiores, puesto que son todas de paneles de resinas sintéticas, para las cubiertas, porque las cubiertas de proyecto son planas y no se disponen de datos para este tipo de cubiertas en el programa informático y los revestimientos exteriores, puesto que son de aplacado de aluminio que es medioambientalmente mejor que el enfoscado de cemento de la vivienda unifamiliar. Para los aislamientos se obtienen los mismos resultados.

De manera genérica existen menos impactos ambientales en la vivienda unifamiliar que en el edificio público, aunque hay que destacar que en el edificio público, las particiones interiores y las cubiertas, disponen de menos impactos ambientales, esto es debido a que las particiones interiores son de paneles de resinas sintéticas menos perjudiciales para el medio ambiente que las fábricas de ladrillo que se utilizan en la vivienda unifamiliar, mientras que las cubiertas es debido a que el programa informático no dispone de los materiales para poder comparar las cubiertas planas del edificio público con la cubierta inclinada de la vivienda unifamiliar.

5.3. COMPARATIVA DE EDIFICIO PLURIFAMILIAR CON EDIFICIO PÚBLICO

5.3.1. Cimentación

Tabla 5.19: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	148.976,58	876.265,26
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	24.017.773,04	139.350.955,10
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	26.179,48	153.049,97
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	551.954,40	3.197.538,16
Eutrofización (gr de N / m ²)	19.086,99	107.438,16
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	55.111,12	316.740,64
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	82.077.517,02	473.874.888,60
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	26.774.081,62	157.564.628,30
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	473.121,92	2.759.380,48
Consumo de agua (l / m ²)	104.533,35	601.701,07

5.3.2. Estructura

Tabla 5.20: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	40.689,24	84.366,83

Acidificación (mg de iones de H / m ²)	6.316.754,85	13.088.314,02
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	5.806,23	12.032,34
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	164.221,74	340.183,00
Eutrofización (gr de N / m ²)	5.637,72	11.679,76
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	14.502,20	30.040,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	23.288.156,96	47.881.965,42
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	62.729.025,22	130.003.989,40
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	113.999,19	236.228,79
Consumo de agua (l / m ²)	29.886,83	61.893,87

5.3.3. Cerramientos

Tabla 5.21: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	28.095,32	34.355,95
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	67.737.621,12	82.831.945,04
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	18.680,40	22.843,05

Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	281.040,39	343.666,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	17.435,04	21.320,18
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	350.494,12	428.596,53
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	104.987.721,10	128.382.677,10
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	4.413.792,46	5.397.340,62
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	350.917,54	429.114,31
Consumo de agua (l / m ²)	52.305,12	68.529,15

5.3.4. Particiones interiores

Tabla 5.22: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	0,00	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	30.204.901,86	1.352.864,24
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	10.737,31	382,36
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	235.654,06	8.199,71
Eutrofización (gr de N / m ²)	24.075,59	382,36

Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	143.019,71	2.549,38
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	71.638.401,32	1.219.505,67
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	129.114,55	4.281,48
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	200.441,00	10.270,19
Consumo de agua (l / m ²)	37.780,68	170,15

5.3.5. Cubiertas

Tabla 5.23: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	88,34	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.129.208,22	0,00
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	288,70	0,00
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	7.668,71	0,00
Eutrofización (gr de N / m ²)	695,72	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	7.451,00	0,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.899.260,52	0,00

Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	742.501,58	0,00
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	11.487,37	0,00
Consumo de agua (l / m ²)	8.060,60	0,00

5.3.6. Aislamientos

Tabla 5.24: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	0,00	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	18.049.837,22	310.858,52
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	8.029,68	513,02
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.360,40	1.748,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.846,50	181,86
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	9.431,69	602,60
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	8.214.749,00	524.845,53
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	8.624,47	551,02

Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	80.721,69	5.157,36
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	0,00

5.3.7. Revestimientos exteriores

Tabla 5.25: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	21.053,43	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	4.675.258,42	2.886.929,09
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	1.948,15	1.418,78
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	133.011,45	22.907,79
Eutrofización (gr de N / m ²)	3.278,26	887,40
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	11.191,77	9.506,39
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	17.744.412,64	8.789.556,58
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	3.863.539,25	15.633,20
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	116,90

Smog (gr NOx / m ²)	80.465,21	23.672,98
Consumo de agua (l / m ²)	19.400,86	0,00

5.3.8. Revestimientos interiores verticales

Tabla 5.26: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.715,98	9.730,09
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	11.282.309,78	11.939.967,06
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	7.921,24	4.821,28
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	453.627,13	242.337,21
Eutrofización (gr de N / m ²)	10.854,05	12.672,82
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	125.095,77	56.509,09
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	62.729.514,53	35.259.856,08
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	855.162,70	1.862.766,65
Aire interior (gr COVs / m ²)	2.044.712,89	844.026,03
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	2.241.934,43	1.107.201,06
Consumo de agua (l / m ²)	378.226,98	158.675,07

5.3.9. Solados

Tabla 5.27: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los pavimentos del edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	4.869,17	4.060,63
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	5.724.574,98	20.494.199,30
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	1.782,00	6.730,77
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	62.299,09	143.906,88
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.585,95	18.490,71
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	30.784,79	100.112,55
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	15.852.986,51	47.459.380,19
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	646.791,16	413.010,11
Aire interior (gr COVs / m ²)	256,92	753,89
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	85.998,64	301.155,66
Consumo de agua (l / m ²)	167.711,98	1.148.068,65

Como se puede ver en los cuadros comparativos, el desempeño ambiental es menor para el edificio plurifamiliar en la cimentación, estructura, cerramientos y revestimientos verticales interiores; y es menor para el edificio público en las cubiertas, debido a que son cubiertas con acabados no disponibles en el programa informático, en los revestimientos exteriores y solados. Son los mismos datos para las particiones interiores y aislamientos, pero como los

impactos ambientales son menores para el edificio público, se puede deducir que el desempeño ambiental también es menor en el edificio público.

Los impactos ambientales son menos la cimentación, estructura, cerramientos y solados del edificio plurifamiliar, mientras que para el edificio público son menores los impactos ambientales en cubiertas, revestimientos exteriores e interiores.

5.4. COMPARATIVA GENERAL DE VIVIENDA UNIFAMILIAR, EDIFICIO PLURIFAMILIAR Y EDIFICIO PÚBLICO

5.4.1. Cimentación

Tabla 5.28: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la cimentación de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	1.204,51	148.976,58	876.265,26
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	75.301,22	24.017.773,04	139.350.955,10
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	75,38	26.179,48	153.049,97
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	1.758,88	551.954,40	3.197.538,16
Eutrofización (gr de N / m ²)	78,99	19.086,99	107.438,16
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	190,25	55.111,12	316.740,64
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	270.879,27	82.077.517,02	473.874.888,60
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	71.071,65	26.774.081,62	157.564.628,30
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00

Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NO _x / m ²)	1.400,32	473.121,92	2.759.380,48
Consumo de agua (l / m ²)	355,55	104.533,35	601.701,07

5.4.2. Estructura

Tabla 5.29: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de la estructura de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	6.898,57	40.689,24	84.366,83
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	1.049.536,18	6.316.754,85	13.088.314,02
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	968,80	5.806,23	12.032,34
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.094,28	164.221,74	340.183,00
Eutrofización (gr de N / m ²)	932,97	5.637,72	11.679,76
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	2.391,65	14.502,20	30.040,77
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	3.860.903,06	23.288.156,96	47.881.965,42
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	10.489.625,81	62.729.025,22	130.003.989,40
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NO _x / m ²)	18.992,75	113.999,19	236.228,79

Consumo de agua (l / m ²)	4.899,01	29.886,83	61.893,87
---------------------------------------	----------	-----------	-----------

5.4.3. Cerramientos

Tabla 5.30: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los cerramientos de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.840,61	28.095,32	34.355,95
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	9.259.694,08	67.737.621,12	82.831.945,04
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	2.553,60	18.680,40	22.843,05
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	38.418,06	281.040,39	343.666,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.383,36	17.435,04	21.320,18
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	47.912,35	350.494,12	428.596,53
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	14.351.761,45	104.987.721,10	128.382.677,10
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	603.362,91	4.413.792,46	5.397.340,62
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	47.970,23	350.917,54	429.114,31
Consumo de agua (l / m ²)	7.150,08	52.305,12	68.529,15

5.4.4. Particiones interiores

Tabla 5.31: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las particiones interiores de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	4.599,31	0,00	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	11.088.897,04	30.204.901,86	1.352.864,24
Polución atmosférica (mCDALYs / m ²)	3.058,05	10.737,31	382,36
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	46.007,34	235.654,06	8.199,71
Eutrofización (gr de N / m ²)	2.854,18	24.075,59	382,36
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	57.377,17	143.019,71	2.549,38
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	17.186.875,04	71.638.401,32	1.219.505,67
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	722.554,01	129.114,55	4.281,48
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	57.446,49	200.441,00	10.270,19
Consumo de agua (l / m ²)	8.562,54	37.780,68	170,15

5.4.5. Cubiertas

Tabla 5.32: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de las cubiertas de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	21,09	88,34	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	269.632,82	1.129.208,22	0,00
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	68,94	288,70	0,00
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	1.831,14	7.668,71	0,00
Eutrofización (gr de N / m ²)	166,12	695,72	0,00
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	1.779,15	7.451,00	0,00
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	696.702,88	2.899.260,52	0,00
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	178.425,84	742.501,58	0,00
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	2.760,46	11.487,37	0,00
Consumo de agua (l / m ²)	1.936,99	8.060,60	0,00

5.4.6. Aislamientos

Tabla 5.33: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los aislamientos de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
-----------	----------------------	------------------------	------------------

Desempeño ambiental (l/m ²)	0,00	0,00	0,00
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	0,00	18.049.837,22	310.858,52
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	0,00	8.029,68	513,02
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	0,00	27.360,40	1.748,07
Eutrofización (gr de N / m ²)	0,00	2.846,50	181,86
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	0,00	9.431,69	602,60
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	0,00	8.214.749,00	524.845,53
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	0,00	8.624,47	551,02
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	0,00	80.721,69	5.157,36
Consumo de agua (l / m ²)	0,00	0,00	0,00

5.4.7. Revestimientos exteriores

Tabla 5.34: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos exteriores de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	3.194,64	21.053,43	0,00

Acidificación (mg de iones de H / m ²)	709,422,75	4.675.258,42	2.886.929,09
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	295,61	1.948,15	1.418,78
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	20.183,13	133.011,45	22.907,79
Eutrofización (gr de N / m ²)	497,44	3.278,26	887,40
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	1.698,24	11.191,77	9.506,39
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	2.692.533,52	17.744.412,64	8.789.556,58
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	586.252,65	3.863.539,25	15.633,20
Aire interior (gr COVs / m ²)	0,00	0,00	0,00
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	116,90
Smog (gr NOx / m ²)	12.209,77	80.465,21	23.672,98
Consumo de agua (l / m ²)	2.943,88	19.400,86	0,00

5.4.8. Revestimientos interiores verticales

Tabla 5.35: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los revestimientos interiores de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	205,06	3.715,98	9.730,09
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	699.016,50	11.282.309,78	11.939.967,06

Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	460,86	7.921,24	4.821,28
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	27.494,43	453.627,13	242.337,21
Eutrofización (gr de N / m ²)	630,62	10.854,05	12.672,82
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	7.350,70	125.095,77	56.509,09
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	3.747.007,74	62.729.514,53	35.259.856,08
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	47.612,26	855.162,70	1.862.766,65
Aire interior (gr COVs / m ²)	129.219,59	2.044.712,89	844.026,03
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	140.039,10	2.241.934,43	1.107.201,06
Consumo de agua (l / m ²)	21.759,03	378.226,98	158.675,07

5.4.9. Solados

Tabla 5.36: Comparativa del desempeño ambiental y los impactos ambientales de los pavimentos de la vivienda unifamiliar, el edificio plurifamiliar y el edificio público

CATEGORÍA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	EDIFICIO PLURIFAMILIAR	EDIFICIO PÚBLICO
Desempeño ambiental (l/m ²)	431,38	4.869,17	4.060,63
Acidificación (mg de iones de H / m ²)	681.546,89	5.724.574,98	20.494.199,30
Polución atmosférica (mcDALYs / m ²)	210,60	1.782,00	6.730,77
Toxicidad ecológica (gr 2,4-D / m ²)	6.569,42	62.299,09	143.906,88

Eutrofización (gr de N / m ²)	296,98	2.585,95	18.490,71
Agotamiento de los combustibles fósiles (MJ / m ²)	3.153,58	30.784,79	100.112,55
Calentamiento global (gr de CO ₂ / m ²)	1.837.417,38	15.852.986,51	47.459.380,19
Alteración del hábitat (T&E / m ²)	0,00	0,00	0,00
Salud humana (Kg tolueno / m ²)	46.968,94	646.791,16	413.010,11
Aire interior (gr COVs / m ²)	29,97	256,92	753,89
Agotamiento del ozono (gr CFC-11 / m ²)	0,00	0,00	0,00
Smog (gr NOx / m ²)	9.175,18	85.998,64	301.155,66
Consumo de agua (l / m ²)	13.935,28	167.711,98	1.148.068,65

Para el estudio se han tenido en cuenta los impactos de alteración del hábitat y agotamiento del ozono, pero sólo el revestimiento de aluminio impacta ambientalmente en el agotamiento de la capa de ozono, el resto de materiales no son perjudiciales para estos dos impactos.

De forma genérica, se puede decir que los materiales que componen la vivienda unifamiliar son los que mejor se comportan ambientalmente, aunque las particiones interiores de fábrica de ladrillo son peor material que las divisiones de paneles de resinas sintéticas y que los paneles de cartón-yeso. También el desempeño ambiental del revestimiento exterior (enfoscado de cemento) es peor que el revestimiento de aluminio del edificio público.

Una vez vistas las comparaciones realizadas, se puede deducir que las partidas de las cubiertas y de los aislamientos no son significativas, puesto que para la vivienda unifamiliar no existe ningún aislamiento que se encuentre en la base de datos del programa, al igual que las cubiertas planas del edificio público, por lo que la comparación no es real.

6. CONCLUSIONES

Del trabajo expuesto y desarrollado se pueden extraer las siguientes conclusiones genéricas:

- El programa BEES utilizado, toma en cuenta los impactos de alteración del hábitat y de agotamiento del ozono, no obstante de los materiales y procedimientos constructivos analizados; sólo el revestimiento de aluminio impacta de forma ambiental en el agotamiento de la capa de ozono.

Como conclusiones particulares de los materiales analizados se pueden extraer las siguientes:

- Para el caso de la partida de elementos de estructura, para todos los casos estudiados, el hormigón que incluye subproductos de segunda generación, en este caso como material cementante o sustituto parcial de áridos, tales como cenizas volantes y las escorias de acero, fueron las partidas de materiales de estructura que mejor se comportan desde el punto de vista medioambiental. Lo anterior pone de manifiesto que el incorporar materiales de segunda generación o subproductos es una ventaja desde el punto de vista del Análisis del Ciclo de Vida de los materiales en particular y del medioambiente en general.
- Las tejas de arcilla, utilizadas de forma frecuente como material de cubierta en el ámbito nacional, son un material de construcción, con menos emisiones que las que utilizan en su composición productos del asfalto, derivados o fibrocemento. Lo anterior pone de manifiesto que técnicas milenarias de construcción suelen ser en la mayoría de los casos igual o sensiblemente iguales a las que en la actualidad ofrecen los nuevos materiales constructivos; con la salvedad de que estas no reportan daños medioambientales severos, como sí lo hacen los nuevos productos o materiales de la construcción.
- En contraposición al caso anterior comentado del uso de la teja de arcilla. Los alicatados y solados cerámicos, que son también muy comunes de utilizar en las obras de nuestra geografía nacional, son materiales que llegan a obtener valores de impactos ambientales de mayor calado, que por ejemplo el vinilo o el linóleo. Por tanto sería recomendable que esta situación detectada, fuera estudiada con mayor

detalle en investigaciones futuras, para de esta forma, aportar o proponer de forma evidente su inapropiado uso actual.

De los casos de estudio analizados se pueden extraer las siguientes conclusiones particulares:

- De los tres casos aislados estudiados (vivienda unifamiliar, plurifamiliar y edificio público), parece ser que la vivienda unifamiliar presentó de forma general un menor desempeño ambiental, sin embargo, lo anterior no debe interpretarse como que sea la solución con un Ciclo de Vida de los Materiales más adecuado, sino que en este caso en particular, la definición de sus partidas es mucho más somera y poco detallada que la de los otros dos casos de estudio. Por lo tanto, será necesario ampliar el muestreo de casos a más elementos, establecer criterios de comparación y requerimientos de definición de materiales y partidas que permitan normalizar las comparaciones, para poder tener una base de comparación decisiva.
- Como excepciones al punto anterior, el revestimiento de cemento y las fábricas de ladrillo, (la de vivienda unifamiliar), son más perjudiciales, desde el punto de vista medioambiental, que por ejemplo el revestimiento de aluminio o las particiones interiores de cartón-yeso (más usuales en soluciones de viviendas plurifamiliares o edificios públicos); incluso con menos medición contabilizada. Por tanto, está claro que en las diferentes partidas, al realizar su afectación ambiental por comparación, el factor cantidad no se correlaciona de forma directa con el factor protección del medioambiente; pudiendo llegar en algunos casos a definirse partidas de materiales o procesos constructivos insignificantes en volumen, pero de gran repercusión en la afectación medioambiental (o viceversa). De lo anterior se concluye, indirectamente y bajo la anterior aclaración, que en las partidas de las particiones interiores sean más adecuados desde la perspectiva ambiental las empleadas en el edificio plurifamiliar y en el público.
- Con respecto a la partida de cerramientos exteriores y con idéntica perspectiva que el caso anterior de particiones interiores, el desempeño ambiental del edificio público presentó el mejor comportamiento al ser equiparado con la vivienda unifamiliar y plurifamiliar.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Gracias a este proyecto y al máster he mejorado mis conocimientos en temas sostenibles, que se puede decir que eran nulos, y me interesa cada vez más esta vertiente, prueba de ello es la realización del curso de asesor de BREEAM y tengo pensado seguir formándome en edificios sostenibles. Creo además que el medioambiente es un tema en el que todos estamos involucrados, así que trato de concienciar a los que me rodean como pareja, hermanas y amigos en que la sostenibilidad es algo beneficioso y nunca perjudicial, por lo que hay que intentar mejorar.

Al tener que estudiar el programa con casos reales, he aprendido a moverme en ayuntamientos, colegio de arquitectos y hacer llamadas a colegas, para poder conseguir los proyectos con los que realizar mi trabajo.

Debido a que el trabajo se basa en un programa informático en inglés, he conseguido mejorar mi vocabulario en este idioma, además he haberle dedicado muchas horas de las vacaciones de verano en la realización de las fichas técnicas de los materiales.

He de agradecer a mi tutor el que me haya enseñado ha colocar los enunciados de tablas y figuras, encabezados, referencias bibliográficas de las páginas web y derechos de autor, gracias a estas explicaciones los futuros trabajos que realice estarán mejor realizados que si los hiciese antes de hacer este proyecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

Barbara C. Lippiatt. (2007), Technical Manual and User Guide, Building for Environmental and Economic Sustainability. National Institute of Standards and Technology. Building and Fire Research Laboratory.

Aguado,A., Josa,A., Cardim, A. (2004), Fortalezas y debilidades de los inventarios de cementos para su empleo en análisis de ciclo de vida (ACV). Boletín de la Sociedad española de Cerámica y Vidrio, 43 [2] 587-590.

Bellart Crevillent M. y Mesa Marcos, S. (2009), Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción. Proyecto Final de Carrera.UPC. Barcelona.

Capuz,S.; Gomez T; Vivancos, J.L.;Viñoles,R.; Ferrer.P; Lopez, R.;Bastante, M.J. (2002).Ecodiseño:Ingeniería para el ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Editorial UPV. ISBN: 84-9705-191-2

Centre for design at RMIT University. Background Report LCA Tools. (2001), Data and Application in the Building and Construction Industry. Enviroment Australia.

Chacón Vargas,J.R. (2008), Historia ampliada y comentada del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería nº 72, 37 – 70.

Gómez Orea, D., Gómez Villarino, M. (2007), Consultoría e ingeniería ambiental: Planes, Estudios, Instrumentos de control ambiental, Dirección y Ejecución Ambiental de Obra, Gestión Ambiental de Actividades. Ediciones Mundi-Prensa.

Klees, Delia R., Coccato, Cecilia A. (2003), Ciclo de vida sostenible de los materiales de construcción-1ª Etapa. Universidad Nacional del Nordeste.Argentina.

Kohler, N; Moffatt S. (2003), Life-cycle analysis of the built environment. Sustainable building and construction. UNEP Industry and Environment April, 17-21

MartinErlandsson, Mathias Borg, (2003) Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services—today practice and development needs. Building and Environment 38, 919 – 938.

Nomas ISO 14040 y 14044.

Norma ISO 21931-1:2010, Comité Técnico ISO/TC 59, Construcción de edificios, subcomité SC 17, Sostenibilidad en construcción de edificios.

Curran, M.A. (2002), *BEES 2.0, Building for Environmental and Economic Sustainability: Peer Review Report*, NISTIR 6865, National Institute of Standards and Technology, Washington, DC.

M. Goedkoop and R. Spriensma. (2000), *The Eco-indicator 99: Método de daños para la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida*, VROM Zoetermeer, Nr. 1999/36A/B, 2nd edition.

Romero,B.I. El anàlisis del ciclo de vida y la gestión medioambiental. *Revista Tendencias Tecnológicas*, 91-97.

Silva Oliveira, André.(2007), *Análise ambiental da viabilidades de selecao de productos da construação civil a través da ACV e do software BEES 3.0*. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Sunder, S.Shyams; Lippiatt Barbara C.(2008), *NIST Metrics and Tools for Tall and Green Buildings*. Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg. USA.

Wrisberg, N.(1997), *A strategic research programme for life cycle assessment*, LCANET Theme report, Theme meeting: from life cycle assessment to tolls for Chain Management, Leiden.

PÁGINAS WEB

Sabella A., El anàlisis de ciclo de vida como herramienta de valoración proyectual. [en línea].2005.año 2, núm.10,[Consulta 06/09/10]. Disponible en: <plde@asostenibles>

Calidad 9000. Sistemas de la calidad, medioambiente y seguridad ocupacional. Conjunto de normas ISO para reducir el impacto ambiental de los edificios. [en línea],[Consulta 19/11/10]. Disponible en: <<http://www.calidad9000.com/p/noticias.html>>

NREL. National Renewable Energy Laboratory.[en línea],[Consulta 20/10/10]. Disponible en: <[www.nrel.gov / LCI](http://www.nrel.gov/LCI)>

USDA. United States Department of Agriculture. BioPreferred .[en línea],[Consulta 13/09/10]. Disponible en: <<http://www.biopreferred.gov/>>

ECO ESMES. Services for green products.LCA Software, tools and database.2010.[en línea],[Consulta 05/10/10]. Disponible en: <<http://www.ecosmes.net>>

IDIEM Energía. ACV análisis del ciclo de vida.[en línea],[Consulta 11/10/10]. Disponible en:
<<http://www.ingenieriaverde.cl>>

Building Ecology. [en línea],[Consulta 10/09/10]. Disponible en:
<<http://www.buildingecology.com>>

Athena Institute.[en línea],[Consulta 18/10/10]. Disponible en: <<http://www.athenasmi.org>>

LISA. LCA In Sustainable Architecture.2004.[en línea],[Consulta 18/10/10]. Disponible en:
<<http://www.lisa.au.com>>

CMLCA. Scientific software for LCA. [en línea],[Consulta 20/10/10]. Disponible en:
<<http://www.cmlca.eu>>

OGIP. [en línea],[Consulta 20/10/10]. Disponible en: <<http://www.the-software.de/ogip/en>>

ENVEST 2. Enviroment impact and whole life costs analysis for buildings. [en
línea],[Consulta 22/10/10]. Disponible en: < <http://invest2.bre.co.uk>>

BIOMASS. Energy centre.BEAT 2. [en línea],[Consulta 22/10/10]. Disponible en:
<<http://www.biomassenergycentre.org.uk>>

Sustainable building. Tools for LCA-BeCost. [en línea],[Consulta 25/10/10]. Disponible en:
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/environ/ohjelmatus_e.htm>

Corporación Aduaexpress,C.A. Tabla de conversiones.(2006). [en línea],[Consulta 04/11/10].
Disponible en: <<http://www.aduaexpress.com/CONVERSIONES.htm>>

